

การปรับปรุงภาพเบื้องต้นของผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสำหรับการย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นขนุน
และการตกแต่งด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต

นายอาณัติ ชีวอาณัติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PRETREATMENT OF COTTON FABRIC WITH SOY PROTEIN FOR DYEING WITH
JACKFRUIT WOOD EXTRACT AND FINISHING WITH MALEATED LINSEED OIL

Mr. Anut Cheewaanut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงสภาพเบื้องต้นของผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่ว
เหลืองสำหรับการย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นขนุนและ
การตกแต่งด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอส

โดย

นายอาณัติ ชีวอาณัติ

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวี ศรีกุลกิจ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวี ศรีกุลกิจ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ไพพวรรณ สันติสุข)

อาณัติ ชีวอาณัติ : การปรับสภาพเบื้องต้นของผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสำหรับการย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นขนุนและการตกแต่งด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต .
(PRETREATMENT OF COTTON FABRIC WITH SOY PROTEIN FOR DYEING WITH JACKFRUIT WOOD EXTRACT AND FINISHING WITH MALEATED LINSEED OIL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ภาวี ศรีภูถักิจ, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของโปรตีนถั่วเหลืองต่อการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน (สีมอริน) และผลของน้ำมันลินสีดมาเลเอตต่อสมบัติความคงทนของสีบนผ้าฝ้าย ในขั้นแรกกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนถั่วเหลืองถูกนำมาย่อยด้วยไซเตียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปปรับสภาพลงบนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคจุ่ม-อัด ตรวจสอบโปรตีนถั่วเหลืองบนผ้าด้วยเทคนิคฟลูออโรกราฟฟิมอรินฟราเรสเปกโทรสโกปี และตรวจสอบหาปริมาณไนโตรเจนบนผ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ พบว่าปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่ใช้ปรับสภาพผ้าฝ้ายอยู่ที่ 25 กรัมต่อลิตร หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายปรับสภาพไปย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน (สกัดที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำ 1:10 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที พบว่าค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองบนผ้า เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนที่เพิ่มขึ้นจากแรงดึงดูดระหว่างสีมอรินกับโปรตีนถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามค่าการดูดกลืนแสงไม่ได้มีค่าลดลงตามความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการย้อมผิวผ้า ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความคงทนของสีต่อการซักต่ำ การปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อการซักทำได้โดยการตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีมอรินด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตด้วยเทคนิคการจุ่ม-อัด-อบผนึก พบว่าผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตให้ค่าความคงทนของสีต่อการซักที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ เนื่องจากหน้าผ้าถูกเปลี่ยนให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ใช้ตกแต่ง ทำให้สียังคงอยู่ในผ้าขณะทำการซัก

ภาควิชา.....วัสดุศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา.....2555.....

5472160323 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEYWORDS : SOY PROTEIN/ MORIN DYE / MALEATED LINSEED OIL

ANUT CHEEWAANUT : PRETREATMENT OF COTTON FABRIC WITH SOY PROTEIN FOR DYEING WITH JACKFRUIT WOOD EXTRACT AND FINISHING WITH MALEATED LINSEED OIL. ADVISOR : ASSOC. PROF. KAWEE SRIKULKIT, Ph.D.,
95 pp.

The propose of this project was to study the effect of soy protein on the dyeability of jackfruit wood extract (morin dye) and maleated linseed oil on colour fastness of morin-dyed cotton fabric. Firstly, crude soybean milk as a source of soy protein was depolymerized with 5 g/L NaOH at room temperature and then diluted to obtain various solid contents of 5, 10, 15, 20, 25, and 30 g/L. Thus obtained soybean milk was applied onto cotton fabrics by padding. Characterizations including ATR-FTIR and CHNS/O analyzer confirmed that the soy protein was present on the fabric surface and the amount of soy protein reached the optimum level at the applied concentration of 25 g/L as indicated by percent nitrogen content. After that, treated cotton fabric was dyed with jackfruit wood extract (the extract conditions were 1:10 liquor ratio at boiling temperature) at 60°C for 45 min. It was found that fabric treated with soy protein exhibited an increase in colour strength with an increase in percent soy protein add-on due to the protein–morin dye attraction arising from a number of hydrogen bondings. However, the absorbance value did not decrease as the concentration of soy protein increased, reflecting the surface dyeing phenomenon which typically was associated with poor wash fastness. An improvement of wash fastness was achieved by finishing the morin dyed cotton fabric with maleated linseed oil using pad-cure method. It was observed that the finished cotton fabric with maleated linseed oil exhibited a better colour fastness to wash when compared to unfinished cotton fabric. Due to the change in surface hydrophobicity of linseed oil finished dyed fabric, dye tended to be retained in the fabric during washing, resulting in improved wash fastness.

Department : Materials Science Student's Signature

Field of Study : Applied Polymer Science and Textile Technology Advisor's Signature

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างสมบูรณ์เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางวิชาการ ความเชื่อเพื่อด้านเครื่องมือ วัสดุดิบและสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณบุคคล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังรายนามต่อไปนี้

1. รศ.ดร.ภาวี ศรีกุลกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนในการทำวิจัย รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
2. คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ รศ.ไพพรรณ สันติสุข และประธานกรรมการ รศ.ดร.ประณัฐ โพธิยะราช สำหรับคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ การแก้ไขรูปเล่ม รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ศูนย์เครื่องมือวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ จุฬาฯ 100ปี/CU-ADVANCE MATERIALS/CU56-AM06 ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยบางส่วน
8. ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านปิโตรเลียม ปิโตรเคมี และวัสดุขั้นสูง ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยบางส่วน
9. คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ เพื่อนๆ และพี่น้องนิสิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถสร้างสรรควิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ฝ้าย (cotton).....	4
2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ.....	4
2.1.2 โครงสร้างทางเคมี.....	5
2.1.3 สมบัติทางกายภาพ.....	6
2.1.4 สมบัติทางเคมี.....	7
2.2 สีย้อมธรรมชาติ (Natural Dyes).....	8
2.2.1 ประเภทของสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้.....	9
2.2.2 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติ.....	9
2.3 ขนุน (Jackfruit)	13
2.3.1 แก่นขนุน.....	16
2.4 ถั่วเหลือง (Soy bean).....	19
2.5 สมบัติความคงทนของสี.....	22

บทที่	หน้า
2.6 การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ (Water repellency).....	24
2.6.1 กลไกการสะท้อนน้ำ (Mechanism of repellency).....	25
2.6.2 มุมสัมผัส (Contact angle).....	25
2.6.3 ประเภทของสารตกแต่งสะท้อนน้ำ.....	27
2.7 น้ำมัน.....	31
2.7.1 องค์ประกอบของน้ำมัน.....	32
2.7.2 กรดไขมัน (Fatty acid).....	32
2.8 น้ำมันลินสีด (Linseed oil).....	35
2.8.1 ลินสีด (Linseed).....	35
2.8.2 ลินิน (Flaxseed).....	36
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 วัสดุและสารเคมี.....	42
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	42
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	43
3.3.1 การสกัดสี้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	43
3.3.2 การเตรียมโปรตีนจากถั่วเหลือง และการปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีน จากถั่วเหลือง.....	44
3.3.3 การย้อมผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองด้วยสี้อมธรรมชาติ จากแก่นขนุน	46
3.3.4 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสี้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วย น้ำมันลินสีดมาเลเขต.....	46
3.4 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่ว เหลือง.....	48
3.4.1 เทคนิคเอทีอาร์-ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี.....	48
3.4.2 หาปริมาณไนโตรเจนบนผ้าด้วยเครื่องอิลิเมนทอลอนาไลเซอร์.....	49
3.5 การทดสอบสมบัติผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมสี้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน และ ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต.....	49

บทที่	หน้า
3.5.1 การหำร้อยละการดูค้ีมของสี้ยอม.....	49
3.5.2 การหาความแ้่มสี้.....	50
3.5.3 การวัดความเพ้ยนของสี้ฝ้้า.....	51
3.5.4การทดสอบความคงทนของสี้ต่อการซัก.....	52
3.5.5 การทดสอบความคงทนของสี้ต่อการขัดถู.....	53
3.5.6 การทดสอบความคงทนของสี้ต่อแสง.....	55
3.5.7 การทดสอบหาองศาหมล้่มฝ้ัส และเวลาในการสี้มน้้า.....	56
4 ผลการทดลองและวิจารย์ผล.....	58
4.1 ขอบเขตการทดลอง.....	58
4.2 การศึกษาการส้กัดสี้ยอม Morin จากแ่ก่นขนุน.....	58
4.3 การปรับสภาพฝ้้าฝ้้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลือง.....	60
4.3.1 การวิเคราะห์โปรตีนถั่วเหลืองบนฝ้้าฝ้้ายด้วยเทคนิค ATR-FTIR.....	60
4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนบนฝ้้าด้วยเครื่อง อิลิเมนทอลอนาไลเซอร์.....	63
4.4 การศึกษาค่าความแ้่มสี้ ค่าความเพ้ยนสี้ และค่าความคงทนของสี้ของฝ้้าฝ้้าย ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองยอมด้วยสี้ยอมธรรมชาติจากแ่ก่นขนุน.....	64
4.4.1 ผลของค่าความแ้่มสี้ของฝ้้าฝ้้ายที่ย้อมด้วยสี้ยอมธรรมชาติ จากแ่ก่นขนุน.....	64
4.4.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงเจดสี้ของฝ้้าฝ้้ายที่ย้อมด้วยสี้ยอมธรรมชาติ จากแ่ก่นขนุน.....	66
4.4.3 การทดสอบความคงทนของสี้ต่อการซัก.....	67
4.4.4 การทดสอบความคงทนของสี้ต่อการขัดถู.....	68
4.4.5 การทดสอบความคงทนของสี้ต่อแสง.....	69
4.5 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของน้้ามันลินสี้ดมาเลเอตบนฝ้้าฝ้้ายด้วย เทคนิค ATR-FTIR.....	70
4.6 ศึกษาค่าความแ้่มสี้ ค่าความคงทนของสี้ ของฝ้้าฝ้้ายที่ย้อมด้วยสี้ธรรมชาติ จากแ่ก่นขนุน และตคแ่่งส้้าเร้จด้วยน้้ามันลินสี้ดมาเลเอต.....	72

บทที่	ญ หน้า
4.6.1 ผลของค่าความเข้มข้นของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีด มาเลเอต.....	72
4.6.2 ผลของค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วย น้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	74
4.6.3 ผลของค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	75
4.6.4 ผลของค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วย น้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	77
4.7 ศึกษาหาองค์ประกอบสัมพัทธ์ของน้ำบนผิวผ้า และหาเวลาในการขีมน้ำบนผิว ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	78
4.7.1 ผลของการหาองค์ประกอบสัมพัทธ์ของน้ำบนผิวผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	78
4.7.2 ผลของการทดสอบหาเวลาในการขีมน้ำบนผิวผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จ ด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	79
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	81
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	81
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	82
รายการอ้างอิง.....	84
ภาคผนวก.....	88
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	17
2.2	ค่าบอกระดับความเปียกบนผิววัสดุ.....	27
2.2	โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ.....	33
2.3	ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันลินสีด.....	37
3.1	ปริมาณแก่นขนุนที่ใช้ในการสกัดที่อัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำในอัตราส่วนต่างๆ..	43
3.2	ปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ในการปรับสภาพผ้าฝ้ายที่ปริมาณต่างๆ.....	45
4.1	ค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	66
4.2	ค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	68
4.3	ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	69
4.4	ค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	70
4.5	ค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติ จากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต.....	75
4.6	ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการ ตกแต่งสำเร็จ และผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต.....	76
4.8	ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการ ตกแต่งสำเร็จ และผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต.....	78

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ภาคตัดขวางของเส้นใยฝ้าย(ซ้าย) และภาคตัดตามยาว(ขวา).....	5
2.2	โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	5
2.3	โครงสร้างเคมีของสี้อมจากขมิ้น (Curcuma Longa L.).....	9
2.4	โครงสร้างทางเคมีของสี้อมจากต้นบาร์เบอร์รี่ (Barberry).....	9
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสี้อมจากต้นคราม (Indigo).....	10
2.6	โครงสร้างทางเคมีของสี้อมจากครั่ง (Lac).....	10
2.7	โครงสร้างทางเคมีของ(I) Quercetin (II) Luteolin (III) Morin.....	12
2.8	โครงสร้างทางเคมีของ(I) Lawson (II) Napthaquinones (III) Anthraquinones (IV) Alizarin.....	13
2.9	โครงสร้างทางเคมีของ (I) Indigo (II) Tyrian purple.....	14
2.10	ต้นขนุน.....	15
2.11	โครงสร้างทางเคมีของมอริน.....	16
2.12	ถั่วเหลือง.....	20
2.13	โครงสร้างของโมเลกุล(I) Conglycinin (II) Glycinin ภายในโปรตีนถั่วเหลือง....	21
2.14	ปฏิกิริยาการเกิด Norrish type I และ Norrish type II ของหมู่คาร์บอนิล ที่ดูดซับแสงยูวี.....	23
2.15	กระบวนการสะท้อนน้ำ.....	25
2.16	มุมสัมผัส (Contact angle; θ).....	26
2.17	เกล็ดของกรดไขมัน.....	28
2.18	สารประกอบของกรดไขมันสเตียริก-เมลามีน.....	29
2.19	พอลิไดเมทิลไซลอกเซนยึดเกาะบนผิวเส้นใย.....	29
2.20	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิอะคริเลท.....	30
2.21	สารตกแต่งสำเร็จฟลูออโรคาร์บอนบนพื้นผิวเส้นใย.....	31
2.22	ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไตรกลีเซอไรด์.....	32
2.23	เมล็ดลินสีด.....	36
2.24	ต้นแฟลกซ์.....	36

รูปที่		หน้า
2.25	โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันลินสีด.....	38
3.1	เครื่องจุ่มอัด (Padder).....	45
3.2	เครื่องย้อมแบบแช่.....	46
3.3	เครื่องอบแห้ง (Stenter).....	48
3.4	เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มสเปกโทรสโกปี (FTIR).....	48
3.5	เครื่องอิลิเมนทอลอนาไลเซอร์ (Elemental analyzer).....	49
3.6	เครื่อง UV-VIS spectrophotometer.....	50
3.7	เครื่องวัดสี (Reflectance Spectrophotometer).....	51
3.8	เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Gyrowash).....	52
3.9	เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter).....	54
3.10	เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง.....	55
3.11	เครื่องวัดองศามุมสัมผัส (Contact angle meter).....	56
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงในน้ำย้อมจากแก่นขนุนที่สกัดได้ในอัตราส่วนต่างๆ.....	59
4.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำต่างๆ.....	59
4.3	โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมมอริน (Morin dye).....	60
4.4	ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ ความเข้มข้นต่างๆ(5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร)เทียบกับผ้าฝ้ายที่ ไม่ได้ปรับสภาพ.....	62
4.5	ปริมาณไนโตรเจนบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ ความเข้มข้นต่างกัน.....	63
4.6	ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน.....	64
4.7	ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมหลังย้อมที่ความเข้มข้นโปรตีนถั่วเหลืองต่างๆ....	65
4.8	ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ที่ความเข้มข้นต่างๆ (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร).....	71
4.9	ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	
4.10	แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมัน ลินสีดมาเลเอต ก่อนซัก-หลังซัก.....	73
4.11	ค่าองศามุมสัมผัสของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต.....	79

รูปที่		หน้า
4.12	การทดสอบหาเวลาในการซีมน้ำของผ้าฝ้ายตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีด มาเลเอต.....	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสีย้อมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นสีย้อมสังเคราะห์ เนื่องจากใช้งานง่าย และให้เฉดสีที่สดใส แต่การใช้สีย้อมสังเคราะห์นั้นก่อให้เกิดการตกค้างและการปนเปื้อนของสารเคมี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อตัวผู้บริโภคเอง และต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้ประกอบการอุตสาหกรรมสิ่งทอต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่ธรรมชาติ ดังนั้นการใช้สีย้อมธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะสีย้อมธรรมชาติมีความเป็นพิษต่ำและยังสามารถย่อยสลายแล้วไม่เกิดเป็นสารเคมีที่เป็นพิษเหมือนสีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตาม การย้อมสีธรรมชาติก็มีข้อเสียคือ จำเป็นต้องใช้สารมอร์แดนต์ประเภทอินทรีย์เช่น คอปเปอร์ซัลเฟต ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม แต่หากเทียบกันแล้วสีย้อมธรรมชาตียังได้รับความสนใจในการเป็นตัวเลือกเพื่อนำมาใช้ย้อมผลิตภัณฑ์เส้นผ้าสิ่งทอ แม้ว่าปัญหาสำคัญของการใช้สีย้อมจากธรรมชาติ คือ สีย้อมมีความเข้มสีต่ำ มีความสามารถในการดูดติดเข้าไปในเส้นใยประเภทเส้นใยเซลลูโลสได้น้อย และมีความคงทนต่ำ ที่ผ่านมาการปรับปรุงวิธีการย้อมสีธรรมชาติถูกจำกัดแค่เส้นใยโปรตีน เช่น ไหม ขนสัตว์ เนื่องจากเส้นใยโปรตีนมีหมู่ฟังก์ชัน (-OH, -NH₂, -COOH) ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสีธรรมชาติ ทำให้สีธรรมชาติมีความคงทนต่อการซักล้างได้ดี เมื่อนำไปย้อม ไหม หรือ ขนสัตว์ เมื่อเทียบกับฝ้าย ในปัจจุบันการพัฒนารูปแบบเพิ่มความคงทนของสีย้อมธรรมชาติในเส้นใยเซลลูโลส[1] โดยการใช้สารมอร์แดนต์ ซึ่งได้แก่เกลือของโลหะเพื่อเป็นตัวสร้างพันธะเชิงซ้อนกับโมเลกุลสี ช่วยให้โมเลกุลสีสามารถยึดติดกับเส้นใยได้ดีขึ้น และมีความคงทนที่ดีขึ้น แต่ผลที่ตามมา คือ เมื่อเกลือของโลหะซึ่งเป็นโลหะหนักถูกปล่อยลงสู่ธรรมชาติ จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสัตว์น้ำ เพื่อตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมจึงมีการใช้มอร์แดนต์ที่มาจากธรรมชาติ เพื่อเพิ่มสมบัติความคงทนของสีย้อมจากธรรมชาติ เช่น แแทนนิน โดยแทนนินจะเข้าไปสร้างพันธะเชิงซ้อนกับโมเลกุลของสีย้อมเช่นเดียวกับมอร์แดนต์ ด้วยเหตุนี้ในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการติดสีของสีย้อมธรรมชาติบนฝ้าย โดยการนำโปรตีนมาใช้แทนเกลือของโลหะ ซึ่งโปรตีนที่งานวิจัยนี้สนใจคือโปรตีนถั่วเหลือง ทั้งนี้เพราะมีวิธีการสกัดง่าย และ

คาดว่าโปรตีนถั่วเหลืองจะเพิ่มความสามารถในการเกาะติดของสีย้อมธรรมชาติได้ โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับการย้อมไหมด้วยสีธรรมชาติ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการนำโปรตีนจากถั่วเหลืองมาใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวผ้าฝ้าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมของสีย้อมจากแก่นขนุน เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนซึ่งประกอบไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดมาต่อกัน จึงเป็นการเพิ่มหมู่อะมิโน ($-NH_2$) เมื่อนำมาเคลือบเส้นใยฝ้าย แต่อย่างไรก็ตามสีย้อมแก่นขนุนเป็นสีย้อมละลายน้ำได้ดีมาก จึงคาดว่าจะไม่มีความคงทนต่อการซักล้าง แม้ว่าโปรตีนถั่วเหลืองจะมีความสามารถในการตรึงสีย้อมไว้บนฝ้ายในระดับหนึ่ง เพื่อความสามารถความคงทนของสีย้อมต่อการซักล้าง ในงานวิจัยนี้จะมีการทำการตกแต่งผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมแล้วด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต เพื่อให้ผิวผ้ามีสมบัติสะท้อนน้ำ และลดการแพร่ออกของสีย้อม จึงคาดว่าจะทำให้สีย้อมแก่นขนุนมีความคงทนต่อการซักล้างเพิ่มขึ้น โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาอิทธิพลต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ที่ให้ไว้ในข้อ 1.2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมของสีย้อมจากแก่นขนุน
2. ศึกษาผลของการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายย้อมสีแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตต่อสมบัติความคงทนของสี
3. ศึกษาประสิทธิภาพการสะท้อนน้ำของผ้าฝ้ายที่ผ่านกระบวนการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยนี้คือการปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการย้อมสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ด้วยเทคนิคการจุ่มอัด และการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ด้วยเทคนิคการจุ่มอัด แล้วอบผนึก และทดสอบสมบัติต่างๆของผ้าทั้งก่อนและหลังการตกแต่งสำเร็จ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ได้ฝ่ายที่ย่อมลี่ย่อมธรรมชาติจากแก่น
ขนุนที่มีประสิทธิภาพการติดสี มีความคงทนของสี และสะท้อนน้ำได้ดีขึ้น

บทที่ 2

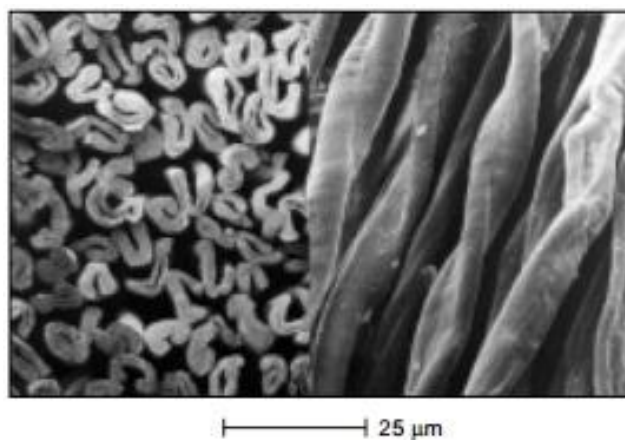
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝ้าย (Cotton) [2-3]

ฝ้ายเป็นเส้นใยพืชที่มีความสำคัญและมีการใช้งานกว้างขวางมากที่สุด สามารถใช้งานได้หลากหลาย อาจใช้เป็นฝ้าย 100% หรือฝ้ายผสมกับเส้นใยอื่น ๆ ได้แทบทุกชนิด ฝ้ายมีการเพาะปลูกเกือบทั่วทุกแห่งในโลก ยกเว้นบางประเทศที่มีอากาศหนาว เนื่องจากฝ้ายจะไม่เจริญเติบโตในในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 70 องศาฟาเรนไฮต์ (21 องศาเซลเซียส) เส้นใยที่นำไปปั่นเป็นเส้นด้ายได้ต้องมีความยาวเหมาะสม คือไม่สั้นจนเกินไป โดยเฉพาะบริเวณที่ติดปลายเมล็ดจะค่อนข้างสั้นมาก เรียกกันว่า Cotton linter นำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยประดิษฐ์ประเภทเซลลูโลสเช่น เรยอน

2.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

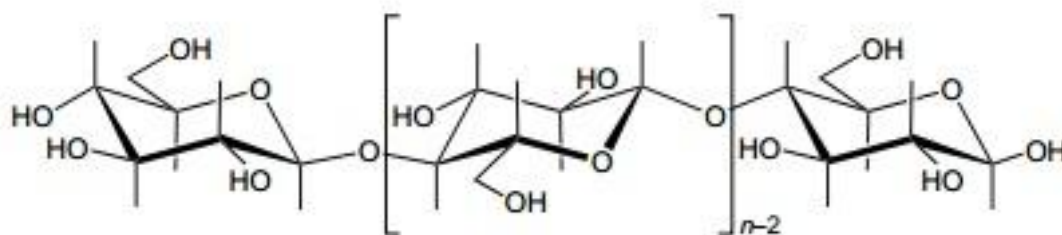
ฝ้ายเป็นเส้นใยเซลลูโลสชนิดหนึ่ง มีอัตราส่วนของความเป็นผลึกต่อความเป็นอสัณฐานสูงถึงประมาณ 2 ต่อ 1 ทำให้ความสามารถในการยึดตัวดีและดูดซึมความชื้นสูง โดยทางกายภาพ ฝ้ายเป็นเส้นใยสั้นมีลักษณะภายนอกที่หยาบเป็นหลอดแบน ขว้นกันเป็นเกลียว และภาพจากกล้องจุลทรรศน์ (รูปที่ 2.1) ภาคตัดขวางมีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วที่มีช่องกลางกลวงเป็นช่องส่งน้ำ (Lumen) ภาคตัดขวางของฝ้ายในระยะแรกมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) ผนังเซลล์บางขณะที่ยังอ่อนอยู่ ต่อเมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นผนังก็เริ่มหนา มีลักษณะเป็นรูปถั่วมากขึ้น รูกกลางที่เป็นท่อส่งน้ำจะหดเล็กลง ผิววนอก (Cuticle) ครอบคลุมมีฟิล์มมันเคลือบอยู่



รูปที่ 2.1 ภาคตัดขวางของเส้นใยไผ่ (ซ้าย) และ ภาคตัดตามยาว (ขวา) [4]

2.1.2 โครงสร้างทางเคมี

ไผ่เป็นเส้นใยเซลลูโลสที่มีสูตรทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_x$ เกิดจากปฏิกิริยาการรวมตัวกันของ β -D-glucopyranose และเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (1,4-glycosidic bond) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

2.1.3 สมบัติทางกายภาพ

1. ลักษณะภายนอก มีลักษณะคล้ายหลอดแบนบิดข้วนกันเป็นเกลียว พื้นที่หน้าตัดเป็นเม็ดตัวตรงกลางเป็นรูซึ่งเกิดจากท่อส่งน้ำตามแกนกลางของเส้นใย ผิวของเส้นใยไม่เรียบและทึบแสง
2. ความยาวเส้นใย จะมีความยาวอยู่ในช่วง 3-63 มิลลิเมตร โดยทั่วไปฝ้ายยาวมีความแข็งแรงมากกว่าฝ้ายสั้น
3. สี โดยปกติแล้วฝ้ายมีสีขาว บางชนิดอาจพบสีครีม หรือสีน้ำตาล
4. ความมัน โดยธรรมชาติฝ้ายมีความมันน้อย ยกเว้นในกรณีที่ผ่านการชุบมันแล้ว จะมีความมันมากขึ้น
5. ความแข็งแรง มีความแข็งแรงปานกลาง เมื่อเปียกน้ำความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10-20% ฝ้ายที่ผ่านการชุบมันแล้วความแข็งแรงจะสูงขึ้น โดยทั่วไปแล้วความแข็งแรงจะแปรผันโดยตรงกับความยาวของเส้นใย
6. การยืดตัว ฝ้ายมีการยืดตัวดีกว่าลินิน แต่ต่ำกว่าไหม และขนสัตว์ เกลียวฝ้ายที่เกิดตามธรรมชาติทำให้มีการยืดตัวที่ดีและนำมาปั่นเป็นด้ายได้ง่าย สามารถยืดตัวได้ประมาณ 3-7%
7. การคืนตัวจากแรงอัด ฝ้ายมีความสามารถในการคืนตัวหลังจากถูกกดทับได้ต่ำ เกิดการยับง่าย
8. การดูดซึมความชื้น ที่ภาวะมาตรฐานอุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65% ฝ้ายมีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้สูงถึง 7-10%
9. ความร้อน ฝ้ายทนต่อความร้อนได้ดี
10. ความถ่วงจำเพาะ ฝ้ายมีความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 1.5

2.1.4 สมบัติทางเคมี

1. กรด กรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มไม่เป็นอันตรายต่อฝ้าย แต่กรดกำมะถัน หรือ กรดเกลือ จะละลายฝ้ายเป็นยางเหนียว
2. ด่าง ทนต่อสารละลายด่างได้ดี นอกจากนี้ด่างยังเป็นสารเคมีหลักในการชุบมันที่ทำให้ฝ้ายมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกด้วย
3. สารละลายอินทรีย์ ทนต่อสารละลายอินทรีย์ส่วนใหญ่ได้ดีมาก จึงสามารถซักแห้งได้
4. สารซักฟอก ที่มีขายโดยทั่วไปสามารถซักฟอกฝ้ายได้ สารซักฟอกประเภทออกซิไดส์ที่แก่ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรต์ มีผลทำให้ฝ้ายเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นสภาพที่เรียกว่า ออกซีเซลลูโลส (Oxycellulose) มีสมบัติอ่อนแอกว่าฝ้ายปกติ และจะขาดง่ายเมื่อเปียก
5. ราและแมลง ฝ้ายเกิดราได้ง่าย เนื่องจากแป้งที่ตกค้างมาจากการลงแป้ง ปัญหานี้แก้โดยการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายภายหลัง
6. แสง ฝ้ายถูกแสงแดดทำให้เกิดการออกซิไดส์เป็นออกซีเซลลูโลส เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเสื่อมคุณภาพ จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้งานไม่ให้ถูกแสง
7. การย้อมสี สามารถรับสีย้อมได้หลายชนิด เช่น สีย้อมรีแอคทีฟ สีย้อมฟอสฟอรัส นอกจากนั้นอาจเป็นสีไดเรกต์และสีเบสิก

2.2 สีย้อมธรรมชาติ (Natural Dyes) [5]

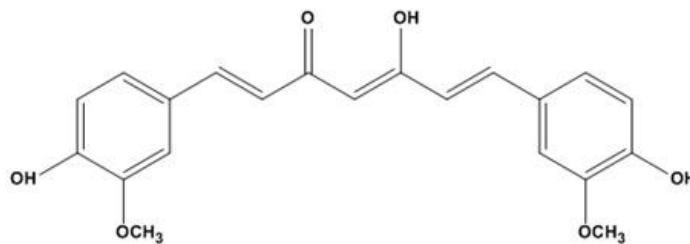
สีย้อมธรรมชาติ หมายถึง สารที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติที่สามารถให้สีกับเส้นใยได้ วัสดุธรรมชาติดังกล่าว ได้แก่ พืช หรือสัตว์ เป็นต้น สีย้อมธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะได้จากการสกัดจากส่วนต่างๆของพืช เช่น ใบไม้ เปลือกไม้ ลูกไม้ และรากไม้ ซึ่งสีที่สกัดได้จากชนิดต่างๆหรือแม้พืชชนิดเดียวกันแต่จากส่วนที่ต่างกัน ก็จะทำให้สีที่สวຍงามแตกต่างกันออกไป และทำให้มีพฤติกรรมในการย้อมต่างกัน สมบัติความคงทน (Colour fastness) แตกต่างกันด้วย ตัวอย่างสีย้อมธรรมชาติที่ได้จากพืชและสัตว์

1. Carotene สามารถสกัดได้จากแครอท หรือเมล็ดฟักทอง สีที่สกัดได้จะเป็นสีส้ม โครงสร้างของสารประเภทนี้จะจัดอยู่ในพวก Carotenoids
2. Curcumin เป็นสารที่อยู่ในพืชตระกูลขมิ้น สีที่สกัดได้จะให้หลายเฉดสี เช่น สีเหลือง แดง ถึงดำอมน้ำตาล สามารถใช้ย้อมผ้าฝ้าย ขนสัตว์ หรือไหมได้
3. Indigo เป็นสารสกัดที่อยู่ในพืชตระกูล Indigofera และ Woad เมื่อนำมาย้อมจะให้เฉดสีคราม หรือสีน้ำเงิน
4. Lawson เป็นสารที่สกัดได้จากใบของต้นเฮนนา (Henna) ซึ่งปลูกมากในประเทศอินเดีย สีที่ย้อมที่สกัดได้ให้สีเหลือง เมื่อย้อมเสร็จแล้วได้เฉดสีที่เป็นสีส้ม สามารถนำมาย้อมไหม และขนสัตว์ได้
5. Laccaic acid เป็นกรดที่สกัดจากแมลงพวก Coccus laccae ที่เกิดอยู่บนเปลือกของต้นไม้กิงไม้ที่มีแมลงชนิดนี้อาศัยอยู่จะปกคลุมไปด้วยสีน้ำตาลแดง เรียกว่า ครั่ง (Lac) โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมที่สกัดได้จากครั่งเป็นอนุพันธ์ของ Anthraquinones ให้เฉดสีแดง

2.2.1 ประเภทของสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้ [5,27]

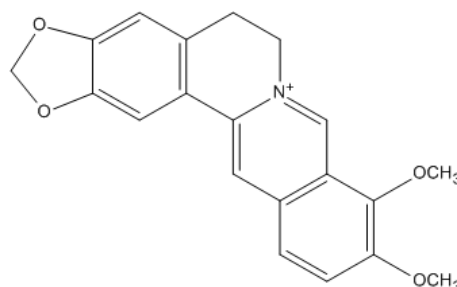
สีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้ สามารถแบ่งเป็นประเภทของสีย้อมได้ดังนี้

1. สีไดเร็กต์ (Direct dyes) คือสีย้อมที่มีประจุลบและละลายน้ำได้ สามารถย้อมเส้นใยเซลลูโลสได้ พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างสีกับเส้นใยเป็นพันธะอ่อนๆ เช่น พันธะไฮโดรเจน พันธะแรงแวนเดอร์วาลส์ จึงต้องมีการเติมเกลือของย้อม เพื่อเป็นการเพิ่มการดูดซึมของสีให้ดีขึ้น เช่น สีจากขมิ้น



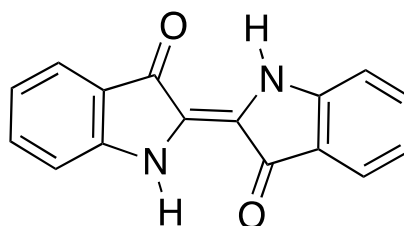
รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมจากขมิ้น (*Curcuma longa* L.)

2. สีแคทไอออนิก (Cationic dyes) คือสีย้อมที่มีประจุบวก และสามารถย้อมเส้นใยที่มีประจุลบได้ เช่น ขนสัตว์ และไหม พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างสีกับเส้นใยเป็นพันธะที่แข็งแรง คือพันธะไอออนิก เช่น สีจากบาเบอร์รี่ (*Barberry*)



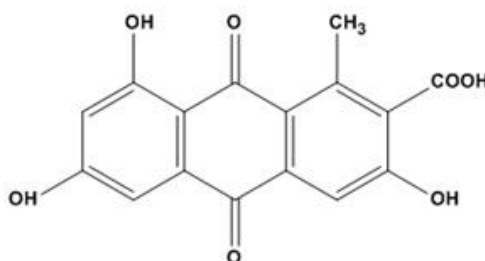
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมจากต้นบาเบอร์รี่ (*Barberry*)

3. สีแวต (Vat dyes) คือสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำ ก่อนนำมาใช้งานจะต้องรีดิวส์สีแวตก่อน เพื่อให้โครงสร้างสีแวตเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ หลังย้อมเสร็จจึงทำการออกซิไดส์กลับ ให้อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำเช่นเดิม เช่น สีจากคราม (Indigo)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมจากคราม (Indigo)

4. สีมอแดนท์ คือสีที่ใช้มอร์แดนท์ในการย้อมเพื่อให้สีเกิดพันธะเชิงซ้อนกับมอร์แดนท์ ทำให้สีผนึกอยู่บนเส้นใยได้ดีขึ้น และยังเป็นการปรับปรุงสมบัติเรื่องความคงทนของสีอีกด้วย เช่น สีจากครั่ง (Lac)



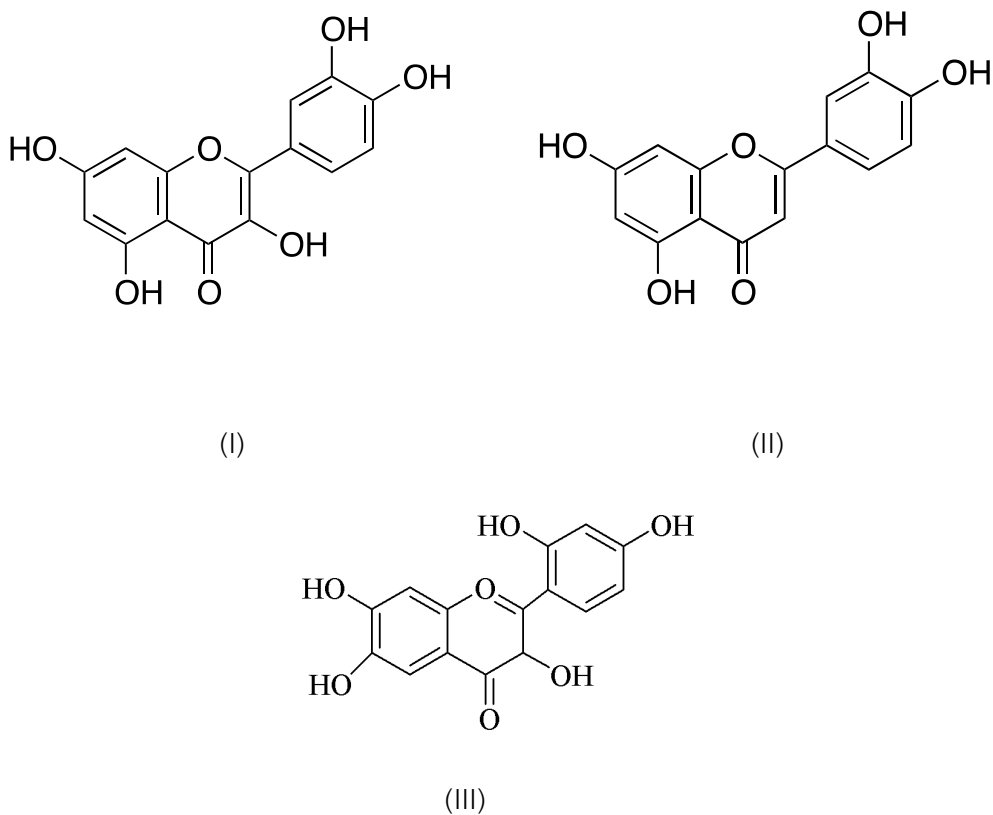
รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมจากครั่ง (Lac)

2.2.2 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมธรรมชาติ [6,23]

หากทำการแบ่งกลุ่มสารประกอบที่ให้สีธรรมชาติตามโครงสร้างทางเคมีแล้ว จะสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.2.2.1 ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์เป็นสีย้อมที่ให้สีเหลืองถึงสีส้ม มีสูตรโครงสร้างทั่วไปเป็น $C_6-C_3-C_6$ เช่น สารลูทีโอลิน (Luteolin) จากต้น weld ที่ให้สีเหลือง สารเคอร์ซีติน (Quercetin) จากเปลือกหัวหอมที่ให้สีเหลืองเข้ม และสารคาร์ธามิน (Carthamin) จากดอกคำฝอยที่ให้สีเหลืองปนน้ำตาล Morin จากแก่นขนุนให้สีเหลืองเข้ม เป็นต้น ส่วนที่เป็น C_6 ส่วนมากเป็นวงเบนซีน และ C_3 จะต่อกับอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นวงวิวิธพันธ์ (Heterocyclic ring) ถ้ามีหมู่คาร์บอนิลอยู่ที่วงวิวิธพันธ์เกิดเป็นสารประกอบฟลาโวน (Flavone) และถ้ามีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ที่วงวิวิธพันธ์เกิดเป็นสารประกอบฟลาโวนอล (Flavonol) สารในกลุ่มนี้จะละลายได้ดีในน้ำมีการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแตกต่างกันมากมาย ทำให้เห็นเป็นทุกสียกเว้นสีเขียว เช่นพวกสารแอนโทไซยานิน จะให้สีม่วง น้ำเงินและสีแดง มักพบในพืชชั้นสูง ในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (Glycoside) เมื่อสลายตัวด้วยน้ำจะให้น้ำตาล และส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลเรียกว่าแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) ตัวอย่างการย้อมสีประเภทฟลาโวนอยด์ เช่น การย้อมผ้าฝ้าย และปอ ด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ด้วยมอร์แดนท์ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) สแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) อะลัม ($KAl(SO_4)_2$) และ EDTA เมื่อนำไปทดสอบค่าความเข้มสีพบว่า ทั้งผ้าฝ้าย และปอที่ย้อมโดยใช้มอร์แดนท์เฟอรัสซัลเฟตให้ค่าความเข้มสีสูงที่สุด และเมื่อนำไปทดสอบค่าความคงทนของสีต่อการซัก สี และแสง อยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก [21]



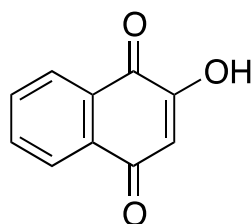
รูปที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของ (I) Quercetin และ (II) Luteolin

(III) Morin

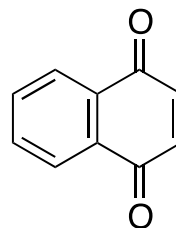
2.2.2.2 แนพโทควิโนนและแอนทราควิโนน (Naphthoquinones and Anthraquinones)

สารกลุ่มนี้มักให้สีแดง ในกลุ่มสารพวกแอนทราควิโนนที่นำมาใช้เป็นสีย้อม ได้แก่ Alizarin จากรากต้นไม้จำพวกต้นเข็ม (Madder) และจากแก่นของต้นยอ กรดแลคเคอิก (Laccaic acid) ได้จากครั่ง ส่วนพวกแนพโทควิโนนจากเปลือกมันฮ่อให้สีเขียวถึงน้ำตาล Lawson จากไบเทียนกิ่งให้น้ำตาลปนแดง และ Alkanin จากต้น Alkanet ให้สีแดง สารกลุ่มแอนทราควิโนนมีสูตรโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 3-ring system เป็นสารที่มีสีแดง-ส้ม แต่อาจพบได้ตั้งแต่สีเหลือง-น้ำตาล แอนทราควิโนนละลายได้ดีในน้ำต่างให้สีชมพู-แดง ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอทานอล เบนซีน อีเทอร์ คลอโรฟอร์ม สารแอนทราควิโนนเกือบทุกตัวมีจุดหลอมเหลวสูง ตัวอย่างการย้อมสีประเภทแอนทราควิโนน เช่น การเพิ่มการดูดซับสีย้อม

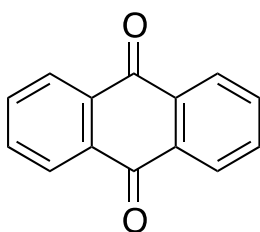
ธรรมชาติจากครั้งบนเส้นใยฝ้ายด้วยพอลิเอทิลิมีน (Polyethyleneimine; PEI) จากการทดลองพบว่า เมื่อมีการทรีต PEI ลงบนผ้าฝ้ายก่อนย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากครั้งจะช่วยเพิ่มการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากครั้งได้ดีขึ้นตามปริมาณของ PEI ที่เพิ่มขึ้น และยังเป็นการลดปริมาณสีที่จะเคลื่อนออกจากเส้นใยได้ และเมื่อศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร 1M ลงไปในสารละลายสีย้อมธรรมชาติจากครั้ง พบว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์สามารถเพิ่มการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากครั้งได้ แต่ในขณะเดียวกันสีย้อมยังคงเคลื่อนออกจากเส้นใยในปริมาณที่มาก [22]



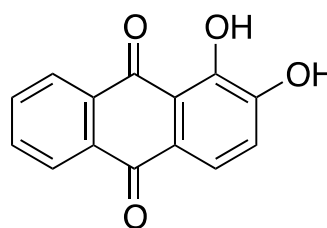
I



II



III



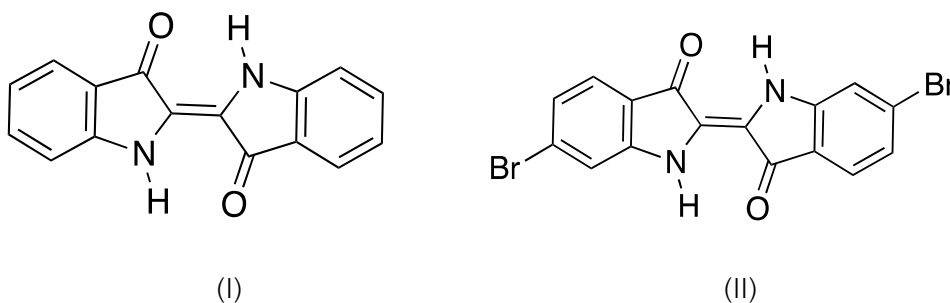
IV

รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของ (I) Lawson (II) Naphthaquinone

(III) Anthraquinones (IV) Alizarin

2.2.2.3 แอลคาลอยด์ (Alkaloids)

แอลคาลอยด์เป็นสารกลุ่มที่พบในพืชชั้นสูง พบบ้างในพืชชั้นต่ำ ในสัตว์และในจุลินทรีย์ เป็นกลุ่มสารที่นำมาใช้มากเพื่อเป็นยารักษาโรคและมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นสารพิษ ตามปกติ ในโมเลกุลของแอลคาลอยด์จะพบไนโตรเจนอยู่ 1 ตัว แม้ไนโตรเจนจะอยู่ใน Heterocyclic ring หรืออยู่ใน side chain ก็ตาม จะทำให้แอลคาลอยด์มีสมบัติเป็นด่าง ไนโตรเจนดังกล่าว อาจจะอยู่ในรูปของ Primary amine, Amine oxide และยังสามารถพบอยู่ในรูปของ Amide และ Imide อีกด้วย แอลคาลอยด์แต่ละชนิดจะมีความเป็นกรด-ด่างมากน้อยขึ้นอยู่กับจำนวน อะตอมของไนโตรเจนในโมเลกุล ประเภทของ Amine group ตลอดจนชนิดและจำนวนของ Functional group ที่มีอยู่ในโมเลกุลนั้น สารกลุ่มแอลคาลอยด์ที่เป็นสีย้อมได้แก่ Indigo สีจาก ต้นคราม ย้อมให้สีน้ำเงิน Tyrian เป็นสีที่สกัดได้จากหอยสังข์หนาม (Shelfish) อยู่ตามแถบ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ตัวอย่างการย้อมสีประเภทแอลคาลอยด์ เช่น การย้อมผ้าฝ้ายด้วยสีย้อม อินดิโกโดยใช้โซเดียมบอโรไฮไดรในการทำรีดักชัน จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและค่า pH ในการย้อมพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการทำรีดักชันคืออุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ปริมาณ ตัวเร่งปฏิกิริยา (โพแทสเซียม นิเกิลไซยาไนด์) 1% โดยปริมาตร จะทำให้ได้ค่าความเข้มสี สูงสุด [24]



รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของ (I) Indigo และ (II) Tyrian Purple

2.3 ขนุน (Jackfruit)

ขนุน (Jackfruit) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Artocarpus heterophyllus Lam.* เป็นไม้ผลยืนต้นในวงศ์ Maraceae มีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียใต้ และแพร่หลายมายังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลำต้นและกิ่งเมื่อมีบาดแผลจะมีน้ำยางสีขาวข้นคล้ายน้ำนมไหล ใบเดี่ยวเรียงสลับแผ่นใบรูปรี ขนาด 5-8 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ปลายใบทู่ถึงแหลม โคนใบมน ผิวในด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน เนื้อใบหนา ดอกเป็นช่อสีเขียวอัดกันแน่น ช่อดอกตัวผู้ออกตามปลายกิ่ง หรือชอกใบเป็นแท่งยาว ช่อดอกตัวเมียเป็นแท่งกลมยาว ออกตามลำต้นหรือกิ่งใหญ่ เมื่อติดผลดอกทั้งช่อจะเจริญร่วมกันเป็นผลรวมมีขนาดใหญ่ โดย 1 ดอก กลายเป็น 1 ยวงในผล ผลดิบเปลือกสีเขียว หนามที่ถ้ากรีดเปลือกจะมียางเหนียว เมื่อแก่เปลือกสีน้ำตาลแก่อมเหลือง หนามจะป้านขึ้นภายในผลมีขั้วขนุนหุ้มยวงสีเหลืองไว้ เมล็ดอยู่ในยวง



รูปที่ 2.10 ต้นขนุน

ขนุนเป็นผลไม้ที่มีประโยชน์แทบทุกๆส่วน เป็นได้ทั้งอาหาร สีย้อม เครื่องเรือน เครื่องใช้ และเป็นยา

- ขนุนอ่อน มีเยื่อในอาหารสูงมาก ช่วยล้างลำไส้ได้เป็นอย่างดี และยังช่วยรักษาแผลในกระเพาะอาหารและลำไส้ได้อีกด้วย

- ขนุนสุก เป็นเมือกใช้หล่อลื่นลำไส้ รับประทานมากๆจะช่วยระบาย ช่วยย่อย และแก้กระหายน้ำ

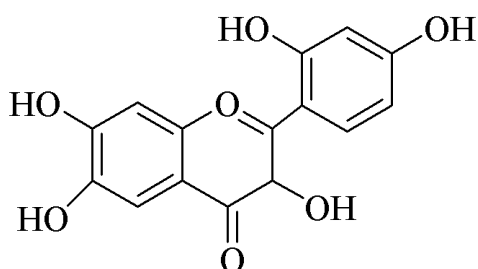
- เม็ดขนุน ให้พลังงานมาก มีปริมาณโปรตีนสูง พร้อมทั้งเกลือแร่และวิตามิน ช่วยเพิ่มน้ำสำหรับมารดาที่ให้นมบุตร

- แก่นขนุน มีสีเหลืองอมน้ำตาลเรียกว่า กรัก ใช้ย้อมผ้า จีวรพระ หรือแพรพรรณที่ต้องการให้มีสีเหลืองอมน้ำตาล ภายในแก่นขนุนมีสารสีที่ชื่อว่า มอริน ในการย้อมสีจากแก่นขนุนชาวบ้านมักใช้สารส้ม ช่วยในการทำให้สีติดดีขึ้น

- รากขนุน ใช้ต้มกินแก้ท้องเสีย

2.3.1 แก่นขนุน (Jackfruit wood)

แก่นขนุนเป็นไม้ที่ได้จากส่วนลำต้นของต้นขนุน โดยธรรมชาติแล้วแก่นขนุนมีสมบัติต้านแบคทีเรีย และยังสามารถกันปลวกได้ จึงนิยมนำไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ เสากระโดงเรือ ไม้พาย และเครื่องดนตรีชนิดต่างๆ เป็นต้น และนอกจากนั้นแก่นขนุนยังสามารถนำไปใช้ย้อมผ้าได้ สีจากแก่นขนุนที่สกัดได้จะให้เฉดสีเหลืองเข้ม สารสีที่เป็นองค์ประกอบหลักในสีที่สกัดจากแก่นขนุนมีชื่อว่า มอริน (Morin) ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.11 โดยปกติชาวบ้านมักนิยมใช้สีย้อมจากแก่นขนุนย้อมจีวรพระ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของมอริน (Morin)

2.3.1.1 การสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

สีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนเป็นสีที่สามารถละลายน้ำได้จึงสามารถสกัดได้ด้วยน้ำเปล่า ในการสกัดแต่ละครั้งเพื่อให้ได้สีที่มีความเข้มข้นสูงและเวลานำไปย้อมให้เจดสีที่เข้ม จะต้องทำในสภาวะที่เหมาะสม ทั้งอุณหภูมิ เวลา อัตราส่วนในการสกัด ค่า pH ที่ใช้ในการย้อม เป็นต้น จากการศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและการย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุน[21] แสดงผลในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

ตัวแปรในการสกัด	สภาวะที่เหมาะสม
อุณหภูมิ	100 องศาเซลเซียส
เวลา	30 นาที
อัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำในการสกัด	1:10

จากตารางที่ 2.1 ศึกษาถึงค่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน เพื่อให้ได้ปริมาณสีในน้ำย้อมมากที่สุด พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดคือ 100 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ใช้อัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำ (Liquor ratio) ในอัตรา 1:10

2.3.1.2 สารช่วยย้อมในการย้อมสีย้อมธรรมชาติ

ในการย้อมสีย้อมธรรมชาตินิยมใช้สารช่วยย้อมมาใช้ในการย้อม เพื่อให้สีย้อมสามารถติดบนวัสดุได้ดี มีความคงทนของสีดีขึ้น และยังเป็นกรเปลี่ยนเฉดสีจากเดิมให้เข้มขึ้น หรือ สว่างกว่าเดิม ซึ่งสารช่วยย้อมที่ใช้นั้นมีทั้งสารช่วยย้อมจากธรรมชาติ และสารช่วยย้อมเคมี

- (1) สารช่วยย้อมธรรมชาติ (มอร์แดนต์ธรรมชาติ) หมายถึง สารประกอบน้ำหมักธรรมชาติ ที่ช่วยให้สีย้อมยึดอยู่บนวัสดุได้ดี และมีความคงทนที่ดีขึ้น หรือทำให้เฉดสีที่ได้เปลี่ยนไป เช่น น้ำปูนใส น้ำด่าง(น้ำขี้เถ้า) น้ำบาดาล น้ำโคลน เป็นต้น
- (2) สารช่วยย้อมเคมี (มอร์แดนต์) หมายถึง หมายถึงวัตถุที่ใช้ในการย้อมสีย้อมธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นเกลือของโลหะ เช่น
 - สารส้ม (มอร์แดนต์อะลูมิเนียม) จะช่วยจับยึดสีกับวัสดุและ ช่วยให้สี สด สว่างขึ้น มักใช้กับการย้อมสี น้ำตาล-เหลือง-เขียว
 - จุนสี (มอร์แดนต์ทองแดง) ช่วยให้สีติดและเข้มขึ้น ใช้กับการย้อม สี เขียว-น้ำตาล
 - เฟอร์ซัลเฟต (มอร์แดนต์เหล็ก) เหล็กจะช่วยให้สีติดบนวัสดุและ ช่วยเปลี่ยนเฉดสีธรรมชาติเดิมจากพืชเป็นสีโทน เทา-ดำ ซึ่งมอร์แดนต์ เหล็กมีข้อดี คือ สามารถควบคุมปริมาณการใช้ได้ แต่มีข้อควรระวัง คือไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไปเพราะเหล็กจะทำให้เส้นด้าย เปื่อย

การใช้สารช่วยย้อม(มอร์แดนท์) ในการย้อมผ้ามี 3 วิธี คือ [22]

- (1) การย้อมมอร์แดนท์ก่อนการย้อมสี (Pre-mordanting) วิธีการนี้เป็นวิธีที่นิยมกันทั่วไป โดยนำสิ่งที่จะย้อมที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว ไปใส่ในภาชนะที่บรรจุสารละลายมอร์แดนท์ ส่วนมากจะทำให้ร้อนหรือเดือดนานระหว่าง 15-60 นาที ก่อนปล่อยให้แห้งทิ้งไว้ในสารละลายต่ออีก 15-60 นาทีจากนั้นจะนำสิ่งที่จะย้อมออก ล้างทำความสะอาด ก่อนทำให้แห้งหรือย้อมสีต่อ
- (2) การย้อมมอร์แดนท์พร้อมการย้อมสี(Meta-mordanting) วิธีการนี้สารละลายของมอร์แดนท์จะถูกเติมลงไปโดยตรงในน้ำย้อม การย้อมใช้คุณสมบัติเดียวกันกับการย้อมสี ทั้งนี้การเติมมอร์แดนท์จะมีทั้งที่เติมในน้ำย้อมก่อนย้อม เติมหลังการย้อมผ่านไประยะหนึ่ง เติมเป็นช่วงๆระหว่างการย้อม และการเติมมอร์แดนท์เมื่อการย้อมใกล้สิ้นสุด การย้อมแบบนี้มีข้อเด่นที่ลดขั้นตอนของกระบวนการลง แต่สีที่ได้มักไม่คงทนเท่าการย้อมแบบแรก หลังการย้อมแล้วสีที่ย้อมอาจถูกปล่อยแช่ไว้ในน้ำย้อมจนเย็นตัวลงหรืออาจถูกนำออกจากน้ำย้อมทันที ส่วนมากจะล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิลดลงเรื่อยๆ หรือล้างในน้ำสบู่อ่อนๆจนกว่าสีจะไม่ตกอีกต่อไป จากนั้นจึงนำไปทำให้แห้ง การย้อมแบบนี้มีข้อด้อยที่น้ำย้อมที่ใช้แล้วไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าในน้ำย้อมแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาในการบำบัดน้ำเสียอีกด้วย
- (3) การย้อมมอร์แดนท์หลังการย้อมสี(Post-mordanting) มอร์แดนท์บางอย่างสามารถย้อมหลังการย้อมสีได้ เช่น เกลือของดีบุก เกลือของเหล็ก แทนนินหรือกรดแทนนิก การย้อมมอร์แดนท์แบบนี้อาจใช้วิธีย้อมแยกอิสระหรือในบางกรณีมอร์แดนท์จะถูกเติมลงไปลงในน้ำย้อมในช่วง 5-10 นาทีสุดท้าย ก่อนนำวัสดุที่แช่ในน้ำย้อมออก บางกรณีผู้ย้อมจะแช่วัสดุในสารละลายเกลือดีบุกหรือเกลือของเหล็กหลังการย้อมสีเพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงเฉดสี

2.4 ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลือง เป็นพืชในวงศ์ถั่ว เช่นเดียวกับถั่วอื่นๆ เช่น ถั่วพู ถั่วเขียว และ ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เป็นพืชอาหารที่สำคัญมากสำหรับผู้คนในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียตะวันออก ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองที่เป็นที่นิยมแพร่หลายมาก ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง ซีอิ๊ว เต้าหู้ เต้าเจี้ยว และ น้ำมันถั่วเหลือง ในปัจจุบันมีการนำถั่วเหลืองมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อีกหลายอย่าง เช่น ทำ โปรตีนถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ถั่วเหลือง มีชื่อสามัญคือ Soya bean มีชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ *Glycine max(L.) Merrill* อยู่ในวงศ์ Fabaceae

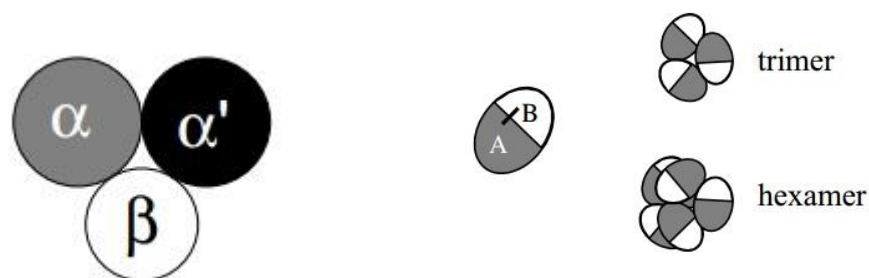


รูปที่ 2.12 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลกและของประเทศไทย เมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 30-50 น้ำมันประมาณร้อยละ 13-24 และยังมีคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 12-24 ดังนั้นถั่วเหลืองจึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย อาทิเช่น ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ทั้งในรูปของการบริโภคโดยตรง หรือแปรรูปเป็นอาหารต่างๆ หรือใช้ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ส่วนกากถั่วเหลืองยังใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ นอกจากนี้แล้วการปลูกถั่วเหลืองยังช่วยบำรุง

ดินอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากมีไรโซเบียมอาศัยอยู่ในปมที่ราก ทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ถั่วเหลืองมีแหล่งกำเนิดในเขตอบอุ่น แต่ปัจจุบันมีการปลูกถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลายทั้งในเขตร้อน และเขตอบอุ่น สำหรับประเทศไทยนั้นมีการปลูกถั่วเหลืองกันมาช้านานแล้ว เริ่มปลูกกันในภาคเหนือต่อมาขยายไปยังภาคอื่นๆ ยกเว้นภาคใต้ ปัจจุบันมีพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้งรวมกันประมาณ 1.46 ล้านไร่ ได้ผลผลิตถั่วเหลืองประมาณ 3.2 แสนตัน แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในประเทศ และมีการนำเข้าประมาณปีละ 1.5 ล้านตัน ทั้งในรูปของเมล็ด และกากถั่วเหลือง

โปรตีนในถั่วเหลืองประกอบไปด้วยโครงสร้างที่เป็น heterogeneous complex quaternary ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง โปรตีนส่วนใหญ่จะเป็นกลูโบลิน โดยประกอบไปด้วยโปรตีน 2 ส่วน ได้แก่ conglycinin (7S) และ glycinins (11S) ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 70 โดยประมาณ ของโปรตีนทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะเป็น 2S-globulins และ 15S-globulins โดยที่ conglycinin (7S) มีคุณสมบัติเป็น trimeric glycoprotein ที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 140,000-190,000 ประกอบไปด้วย 6 fraction ซึ่งในแต่ละ fraction จะประกอบไปด้วย 3 หน่วยย่อย ยึดเกาะกันด้วยพันธะ hydrophobic interaction ส่วน glycinins (11S) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 300,000 และ 400,000 ประกอบไปด้วย 12 หน่วยย่อย ยึดเกาะกันเป็นวงแหวน 6 เหลี่ยม 2 วง แต่ละวง จะมีหน่วยย่อยอีก 3 คู่ ซึ่งเป็นคู่ของกรดกับด่าง ยึดเกาะกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์



รูปที่ 2.13 โครงสร้างของโมเลกุล (I) Conglycinin และ(II) Glycinin ภายในโปรตีนถั่วเหลือง [29]

โปรตีนถั่วเหลืองถูกใช้เป็นพลาสติกและคอมพอสิตที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ โปรตีนถั่วเหลืองมีราคาที่ถูกและหาง่าย ถั่วเหลืองมีการใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกและโปรตีนถั่วเหลืองยังมีหลายๆเกรดอีกด้วย โปรตีนถั่วเหลืองประกอบด้วย 18 อะมิโนแอซิด ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชัน เช่น หมู่คาร์บอกซิล, หมู่เอมีน, หมู่ไฮดรอกซิล หมู่ฟังก์ชันเหล่านี้เป็นส่วนที่เกิดปฏิกิริยาเคมีและยังช่วยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลและกายภาพของโปรตีน อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของพอลิเมอร์เชิงประกอบ

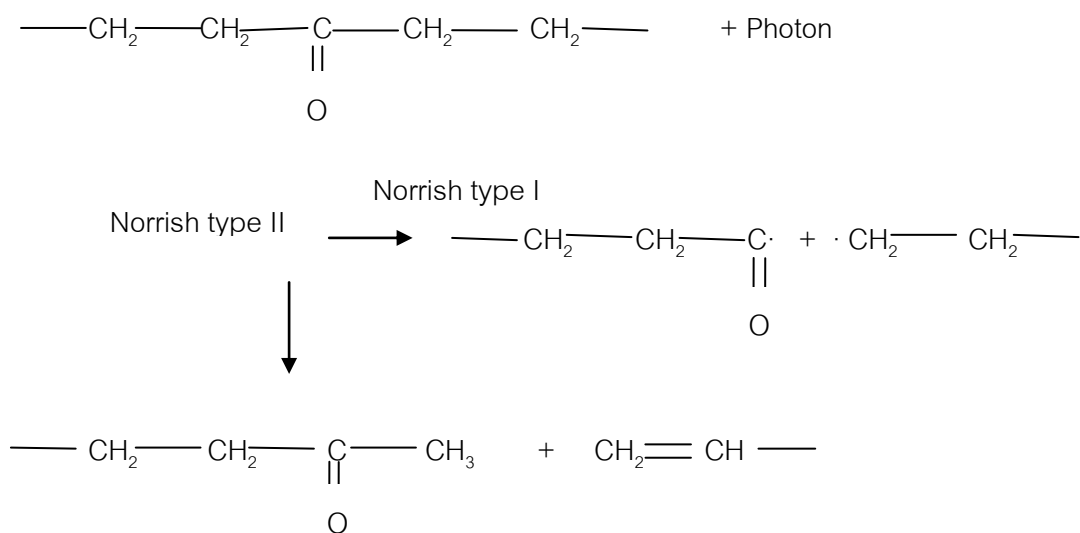
2.5 สมบัติความคงทนของสี [5,26]

สีเป็นวัสดุที่ใส่ลงไปในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดเป็นสีที่สวยงามดึงดูดผู้บริโภค หากสีที่ใช้บนผลิตภัณฑ์มีความทนทานถาวรก็จะเป็นปัญหาสำหรับผู้ผลิตในการเลือกสีให้ตรงกับการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ส่วนผู้บริโภคก็สามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยความสบายใจ ไม่ต้องกังวลถึงปัญหาสีซีดในอนาคต แต่ในความเป็นจริงสีที่ใช้บนผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพการใช้งานความคงทนของสีต่อสภาพการใช้งานได้แตกต่างกัน สีบนผลิตภัณฑ์เช่น ผ้าฝ้าย เสื้อผ้า หรือสิ่งทออื่นๆ สามารถซีดจางได้ หรืออาจเกิดการตกสีจากวัสดุหนึ่งไปอีกรวัสดุหนึ่ง การซีดจางของสีเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากแสง จากการซักล้าง จากเหงื่อ การซีดจางของสีไม่ได้เกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง อาจเกิดจากหลายสาเหตุรวมกันก็ได้

สมาชิกรายการสิ่งทอประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ความคงทนของสี (Colour fastness) ว่าเป็นคำที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของสีบนผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เสื้อผ้า ผ้าฝ้าย หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ว่าจะมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสีบนผลิตภัณฑ์ หรือเกิดการตกสีของผลิตภัณฑ์ไปเปื้อนติดสีของวัสดุชนิดอื่นๆที่อยู่ใกล้ เมื่อผลิตภัณฑ์นั้นถูกนำไปใช้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ หรือถูกใช้เพื่อการทดสอบ หรือระหว่างกระบวนการผลิต คำว่าความคงทนของสีมักใช้ร่วมกับคำอื่นที่เป็นสาเหตุในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี เช่น ความคงทนของสีต่อแสง (Colour fastness to light) ความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour fastness to rubbing) เป็นต้น

คำว่า สีที่ทนทานต่อแสง จะหมายความว่า สีจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆเลยในโครงสร้างของสี เมื่อสีถูกแสงที่เป็นแสงอาทิตย์ หรือแสงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเอง สีแต่ละสีมีระดับความคงทนของสีต่อแสงในระดับที่ต่างกันออกไป ซึ่งความแตกต่างนี้

จำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อหาระดับความคงทนของสีต่อแสงว่าอยู่ในระดับใด สีมีประสิทธิภาพในการทนต่อแสงต่างกันเนื่องจากโครงสร้างของสีประกอบไปด้วยหมู่โครโมฟอร์และหมู่ออกโซโครมต่างกัน แต่ละหมู่สามารถดูดซับพลังงานคลื่นแสงในแต่ละช่วงของความยาวคลื่นที่ต่างกัน แสงถือเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เมื่อโมเลกุลสีรับมาย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสี เช่น ทำให้พันธะทางเคมีของสีแตกออก ส่วนประกอบของสีที่เรียกว่าออกโซโครมอาจถูกกำจัดออก มีผลทำให้รงควัตถุของสีไม่เหมือนเดิม ซึ่งมีผลต่อเฉดสี ระดับความเข้มสี และระดับความสดใสของสี ซึ่งผลเหล่านี้เป็นเพราะโครงสร้างทางเคมีของสีไม่ทนต่อแสงและทำให้สีนั้นเกิดซีดจางลง นอกจากนี้หมู่โครโมฟอร์ เช่น หมู่คาร์บอนิล ($-C=O$) ซึ่งเป็นหมู่ที่สำคัญหมู่หนึ่งในโมเลกุลของสี สามารถดูดซับรังสียูวี และเกิดปฏิกิริยาประเภท Norrish type I และ Norrish type II ดังปฏิกิริยาในรูปที่ 2.9 จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีผลทำให้เกิดการแตกออกของพันธะในโมเลกุลสี ส่งผลให้สีซีดจางหรือเฉดสีเปลี่ยนไป เพราะโมเลกุลสีไม่เหมือนเดิม และฟรีเรดิคัล (Free radical) ที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องมีผลทำให้เกิดการสึกกร่อนของผลิตภัณฑ์ได้



รูปที่ 2.14 ปฏิกิริยาการเกิด Norrish type I และ Norrish type II ของหมู่คาร์บอนิลที่ดูดซับแสงยูวี

แสงมีผลกระทบต่อการศึกษาในโมเลกุลสี และอัตราการซีดจางของสีจะมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น

- (1) ปฏิกริยาทางเคมีของโมเลกุลสีเมื่อถูกแสง
- (2) สภาพพื้นฐานทางธรรมชาติของสี
- (3) โครงสร้างทางเคมีของวัสดุ
- (4) สิ่งแปลกปลอมในวัสดุ
- (5) สภาพแวดล้อม
- (6) แหล่งกำเนิดแสง

เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่แหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกัน อาจมีผลต่อการซีดจางสีไม่เหมือนกัน ดังนั้นวิธีการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงต้องระบุแหล่งกำเนิดแสงและสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ เพราะปัจจัยทั้งสองอาจมีผลกระทบต่อผลการทดสอบที่ได้แตกต่างกันออกไป

2.6 การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ (Water Repellency) [8,11]

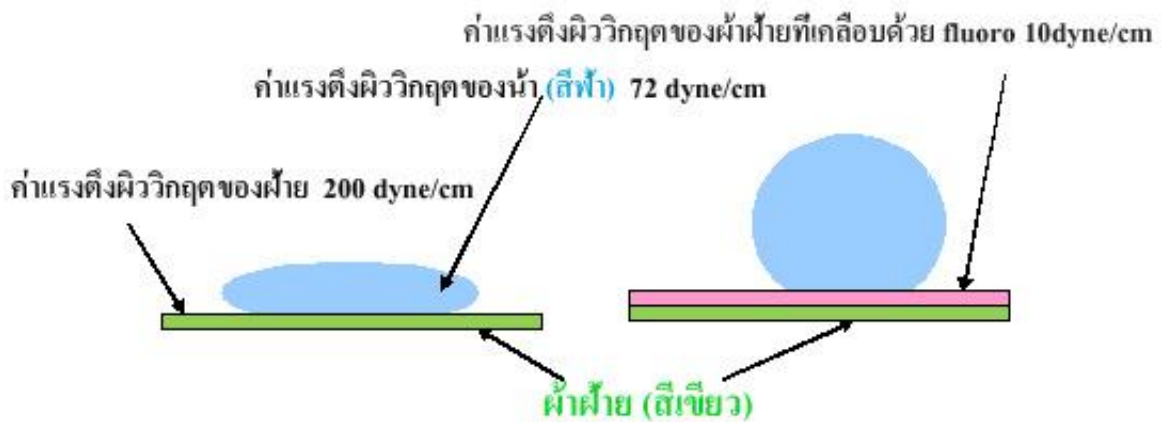
การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำนั้นมีการทำกันมานานแล้ว ในระยะแรกนั้นใช้วิธีการเคลือบผ้าด้วยสารที่ไม่มีการดูดซึมน้ำ เช่น พวกซีเมนต์หรือยางธรรมชาติ ในปัจจุบันมีหลายวิธี ทั้งวิธีการทางกายภาพ เช่นการตัดแปรพื้นผิวเส้นใยโดยใช้พลาสมา หรือ วิธีการเคมี เช่น การเคลือบผิวเส้นใยด้วยสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ได้แก่ สารเคมีพวกพาราฟิน แวกซ์ ซิลิโคน และสารประกอบฟลูออโรคาร์บอน เช่น เทฟลอน (Polytetrafluoroethylene) ได้รับความนิยมในการนำมาตกแต่งสะท้อนน้ำบนสิ่งทอ เนื่องจากให้มุมสัมผัส (Contact angle) ของน้ำมีค่ามากที่สุด โดยที่วัสดุนั้นจะไม่เปียกน้ำ โดยทั่วไปผ้าที่เคลือบด้วยฟลูออโรคาร์บอนจะมีค่ามุมสัมผัสของน้ำอยู่ระหว่าง 120° - 140° แต่สารฟลูออโรคาร์บอนมีการปลดปล่อยสารพิษที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง และไม่เป็นที่ระมัดระวังสิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันจึงมีการปรับปรุงพื้นผิวสัมผัสของผ้าให้มีมุมสัมผัสของน้ำมากกว่า 120° โดยไม่ใช้สารเคลือบผิวฟลูออโรคาร์บอน โดยใช้หลักการทางด้านนาโนเทคโนโลยีมาปรับปรุงพื้นผิวสิ่งทอที่สามารถเลียนแบบการกลิ้งของน้ำบนใบบัว (Lotus effect) ทำให้สิ่งทอไม่เปียกน้ำและมีคุณสมบัติทำความสะอาดตนเองได้ (Self cleaning) โดยหลักการคือ ทำให้พื้นผิวสัมผัสของเส้นใยเกิดความขรุขระขึ้นโดยการนำอนุภาคระดับนาโนเมตรมาอัดลงช่องว่างเล็กๆระหว่างผิวของเส้นใย จากนั้นจุ่มอัดสารเคลือบประเภทไขมันหรือสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ เพื่อหุ้มอนุภาคนาโนไว้ ทำให้อนุภาคนาโนมีผิวที่ไม่ชอบน้ำคล้ายกับเส้นใยนาโน ตัวอย่างอนุภาคที่ใช้ ได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ที่มีขนาด 10-15 นาโนเมตร

2.6.1 กลไกการสะท้อนน้ำ (Mechanisms of repellency)

กระบวนการสะท้อนน้ำ เนื่องมาจาก ความสัมพันธ์ของค่าแรงตึงผิววิกฤต (Critical surface tension) ของผ้าและของเหลว โดยมีค่าแรงตึงผิววิกฤตของผ้ามีค่าน้อยกว่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว โดยของเหลวจะไม่ซึมเข้า โดยจะเกิดสมบัติ water repellent ขึ้น เพราะฉะนั้นแล้ว การทำ water/oil repellent จะต้องทำให้ของแข็งมีค่าแรงตึงผิววิกฤตลดลงต่ำกว่าค่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว

(ค่าแรงตึงผิววิกฤตผ้า > ค่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว = ผ้าเปียก, ค่าแรงตึงผิววิกฤตผ้า < ค่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว = ผ้าสะท้อนน้ำ)



รูปที่ 2.15 กระบวนการสะท้อนน้ำ

2.6.2 มุมสัมผัส (Contact Angle)

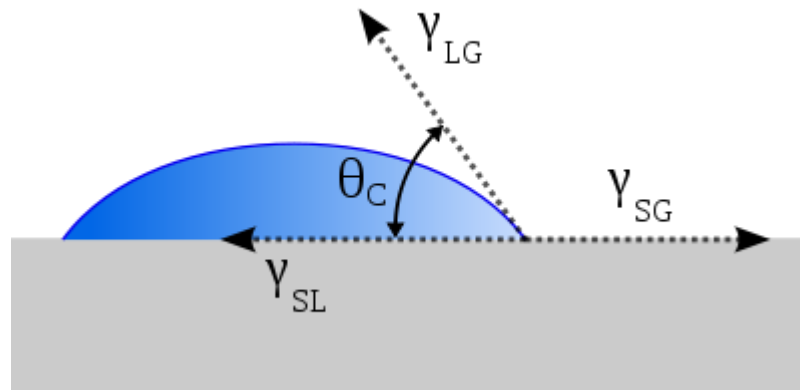
มุมสัมผัส คือ มุมระหว่างระนาบของน้ำกับผิววัสดุ และ ระนาบของน้ำกับอากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างของเหลวบนผิววัสดุ สามารถแสดงในรูปของสมการของยัง (Young equation) ดังสมการที่ 2.1

$$\text{สมการของยัง ; } 0 = \gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

γ_{SG} = ค่าพลังงานพื้นผิวอิสระ หรือ แรงตึงผิวระหว่างเฟสของแข็ง-แก๊ส

γ_{SL} = ค่าพลังงานพื้นผิวอิสระ หรือ แรงตึงผิวระหว่างเฟสของแข็ง-ของเหลว

γ_{LG} = ค่าพลังงานพื้นผิวอิสระ หรือ แรงตึงผิวระหว่างของเหลว-แก๊ส



รูปที่ 2.16 มุมสัมผัส (Contact Angle; θ)

ตารางที่ 2.1 ค่าบอกระดับความเปียกบนผิววัสดุ

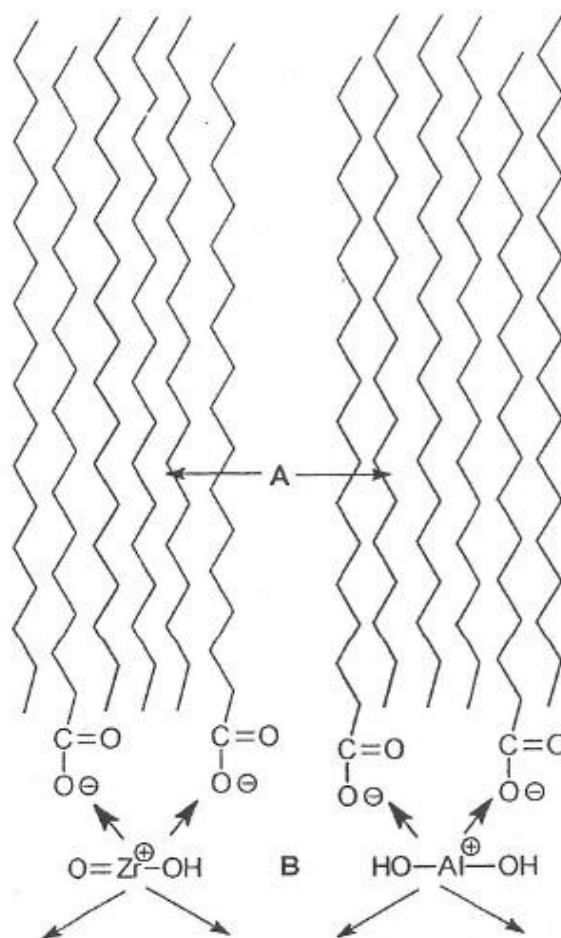
ค่ามุมสัมผัส	ระดับความเปียก
$\theta = 0$	เปียกทั่วถึง
$90 > \theta > 0$	เปียกบางส่วน
$180 > \theta > 90$	ไม่เปียก
$\theta = 180$	ไม่เปียกและไม่แผ่กระจาย

2.6.3 ประเภทของสารตกค้างสำเร็จสะท้อนน้ำ

สารตกค้างสำเร็จสะท้อนน้ำสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

2.6.3.1 สารประเภทพาราฟิน (Paraffin repellents)

การตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำด้วยสารประเภทพาราฟินเป็นวิธีที่ใช้กันมาตั้งแต่ในอดีต ส่วนใหญ่เป็นสารอิมัลชันที่ประกอบด้วยเกลือของกรดไขมันพวอะลูมิเนียม และเซอโคเนียม ซึ่งสารเหล่านี้จะไปช่วยเพิ่มความไม่มีขั้วให้กับพื้นผิวเส้นใย ทำให้เส้นใยไม่ชอบน้ำ ดังรูปที่ 2.17 สารประกอบเหล่านี้สามารถเข้ากันได้ดีกับสารตกแต่งสำเร็จโดยส่วนใหญ่ แต่จะเพิ่มการติดไฟของผ้า (Flammability) และสมบัติการซึมผ่านของอากาศและความชื้นต่ำ (Air and vapour permeability)



รูปที่ 2.17 เกลือของกรดไขมัน

2.6.3.2 สารประกอบของกรดไขมันสเตียริก-เมลามีน (Stearic acid-melamine repellents)

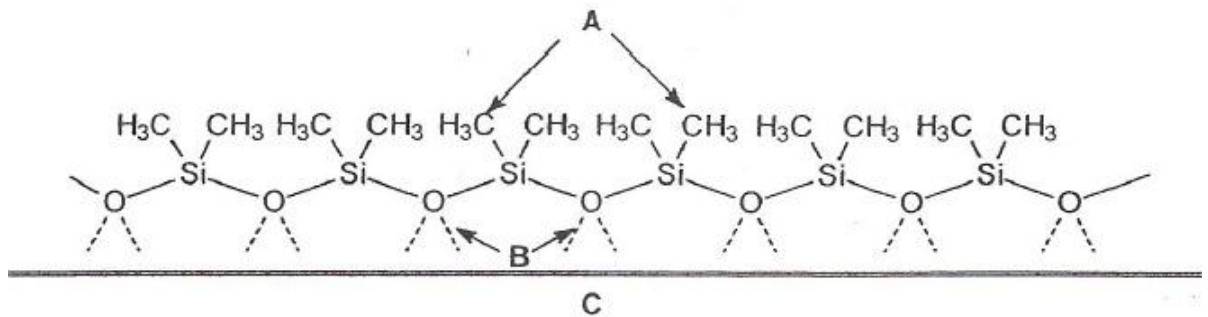
เป็นสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันสเตียริก กับเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ โครงสร้างของสารประกอบดังรูปที่ 2.18 โดยอาศัยความไม่มีขั้วของกรดไขมันสเตียริก ในขณะที่ส่วนของ N-methylol group จะเข้าทำปฏิกิริยากับเซลล์โลส ข้อดีของการตกแต่งสำเร็จด้วยสารประกอบชนิดนี้คือ มีความคงทนต่อการซักที่ดี แต่ข้อเสียคือ ความแข็งแรงของผ้าลดลง เหนือของผ้าเปลี่ยนหลังตกแต่งสำเร็จ และมีการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์



รูปที่ 2.18 สารประกอบของกรดไขมันสเตียริก-เมลามีน

2.6.3.3 สารประเภทซิลิโคน (Silicone water repellents)

พอลิไดเมทิลซิลอกเซน (Polydimethylsiloxane) เป็นสารที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการตกแต่งสำเร็จสะท้อนน้ำ โดยพอลิไดเมทิลซิลอกเซนสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับเส้นใยได้ดี และจะหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำออกด้านนอก ดังรูปที่ 2.19 ข้อดีของสารตกแต่งสะท้อนน้ำชนิดนี้คือ ทำให้ผ้ามีสัมผัสที่ดี ปรับปรุงความสามารถในการเย็บ แต่ข้อเสียคือ ทำให้ผ้าขึ้นขนได้ง่าย



รูปที่ 2.19 พอลิไดเมทิลไซลอกเซนยึดเกาะบนผิวเส้นใย

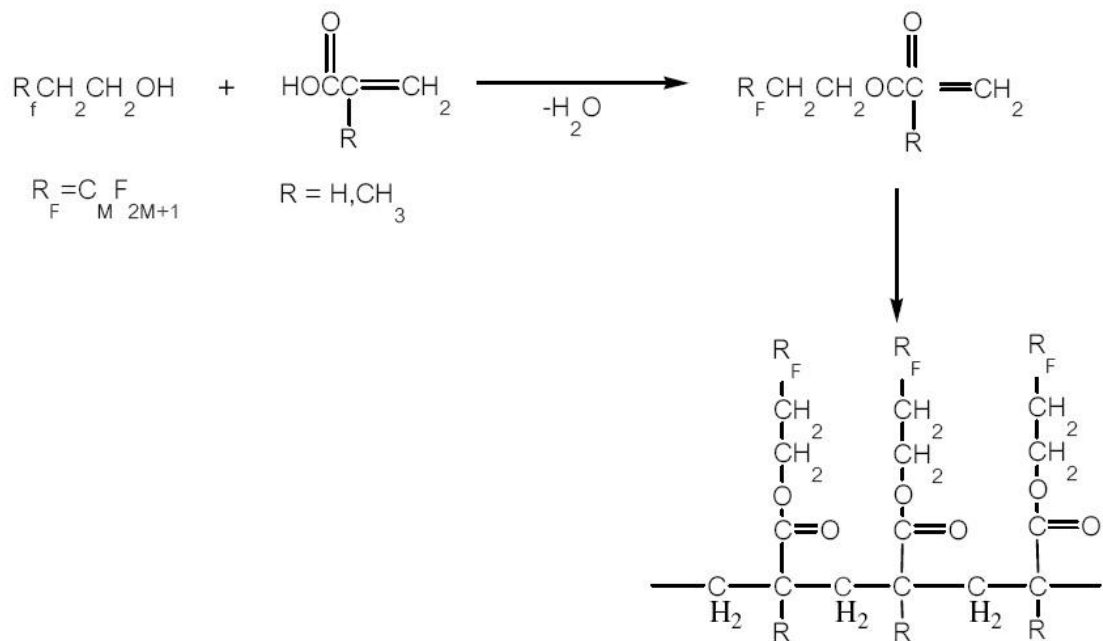
A คือ ส่วนที่ไม่ชอบน้ำ

B คือ ส่วนที่มีขั้ว

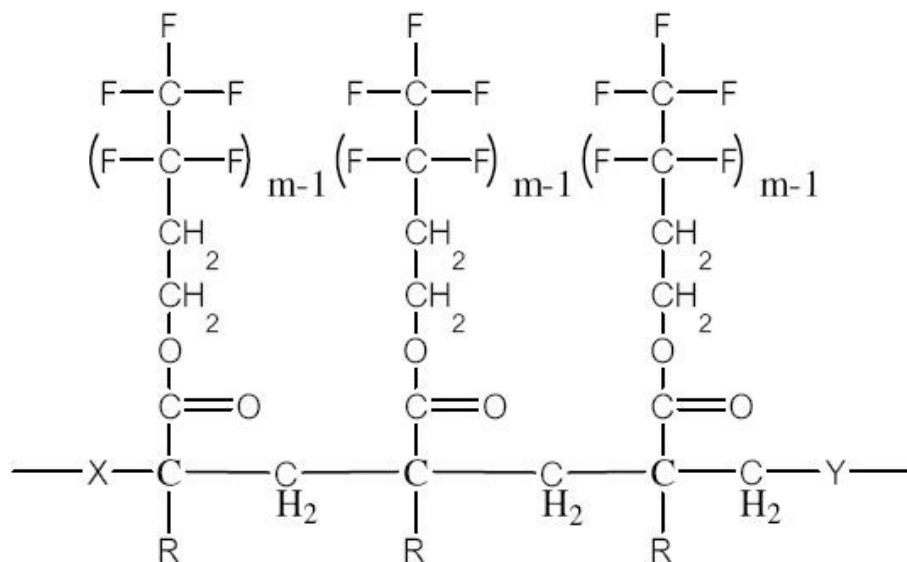
C คือ พื้นผิวเส้นใย

2.6.3.4 สารพวกฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbon-based repellents)

สารตกแต่งสำเร็จพวกฟลูออโรคาร์บอน สามารถใช้ตกแต่งสำเร็จให้สะท้อนได้ทั้งน้ำ และน้ำมัน เนื่องจาก สารตกแต่งสำเร็จประเภทนี้จะไปช่วยลดค่าพลังงานพื้นผิวของเส้นใย สารตกแต่งสำเร็จประเภทฟลูออโรคาร์บอน สามารถสังเคราะห์ได้โดยการสังเคราะห์ร่วมกับมอนอเมอร์ของอะคริลิก และมอนอเมอร์ของยูรีเทน ดังปฏิกิริยาในรูป 2.20 ความสามารถในการสะท้อนน้ำจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของ CF_3 ที่อยู่บนพื้นผิวด้านนอกของผ้า โดยความยาวสายโซ่ของเปอร์ฟลูออโรคาร์บอนควรอยู่ที่ประมาณ 8-10 อะตอม ดังรูป 2.21 จะทำให้ผ้ามีสมบัติการสะท้อนน้ำที่ดี



รูปที่ 2.20 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิอะคริเลต



รูปที่ 2.21 สารตกแต่งสำเร็จฟลูออโรคาร์บอนบนพื้นผิวเส้นใย

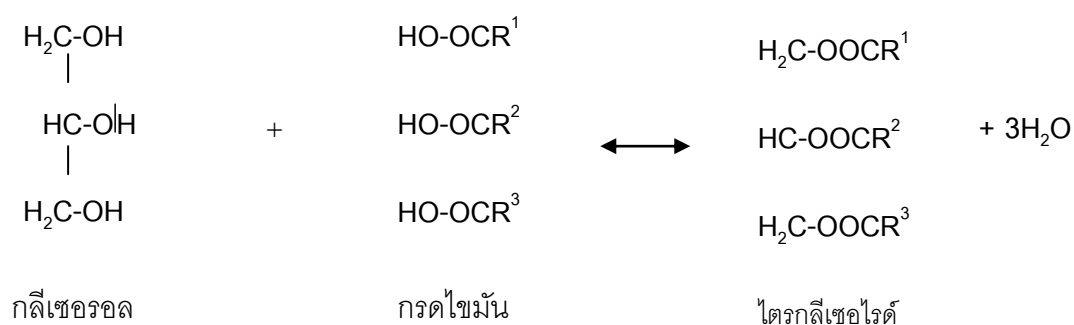
2.7 น้ำมัน (oil) [9]

น้ำมันถูกนำมาใช้เป็นสารยึดติดในอุตสาหกรรมเคลือบผิวมานานแล้ว แต่ปัจจุบันนี้การนำน้ำมันเพียงอย่างเดียวมาใช้เป็นสารยึดติดมีอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตาม ยังมีการใช้ไขมันเป็นส่วนผสมของวารนิช หรือสารเคลือบผิวบางชนิดเพื่อจุดประสงค์อย่างอื่น เช่น เพื่อความอ่อนตัวของฟิล์ม ทำให้ไม่เปราะ หรือ เพื่อช่วยปรับปรุงสมบัติการละลาย เป็นต้น

น้ำมันที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว ได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ น้ำมันพืช (Vegetable oils) ซึ่งได้จากการบีบหรืออัดเมล็ดพืชหรือเปลือกของผล และน้ำมันจากทะเล (Marine oils) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมันปลา (Fish oils)

2.7.1 องค์ประกอบของน้ำมัน

น้ำมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) กล่าวคือ เป็นไตรเอสเทอร์ (Triester) ของกลีเซอรอล (Glycerol) กับกรดไขมัน (Fatty acid) ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไตรกลีเซอไรด์

$R^1, R^2, R^3 =$ โซ่กรดไขมัน (C_9-C_{12})

ปฏิกิริยาข้างบนนี้เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับ ถ้าไฮโดรไลซ์ (Hydrolyze) น้ำมัน จะได้กลีเซอริน (Glycerine) และน้ำมันไขมัน (Fatty oils)

ไขมัน (Fat) ก็จัดเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์เหมือนกัน แต่ไขมันต่างจากน้ำมันตรงที่ว่า ที่อุณหภูมิห้อง ไขมันมีสถานะเป็นของแข็ง แต่น้ำมันมีสถานะเป็นของเหลว

2.7.2 กรดไขมัน (Fatty acid)

สมบัติของน้ำมันทั้งหลายขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้าง โดยที่กรดไขมันจะมีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน

กรดไขมันเป็นสารซึ่งประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) ต่อกับโซ่ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon chain) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนตั้งแต่ 9 ถึง 22 อะตอม แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยคาร์บอน 18 อะตอม

กรดไขมัน แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.7.2.1 กรดไขมันอิ่มตัว

กรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่ไม่มีพันธะคู่ (Double bond) ในโครงสร้าง คาร์บอนแต่ละตัวในสายโซ่จะต่อกับไฮโดรเจนอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากไม่มีพันธะคู่ ดังนั้น น้ำมันที่มีแต่กรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในโครงสร้าง จะมีสมบัติไม่แข็งตัว ตัวอย่างของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic acid) กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) เป็นต้น โครงสร้างของกรดไขมันเหล่านี้แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	ชื่อเคมี	โครงสร้าง
ปาล์มมิติก	Hexadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
สเตียริก	Octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
โอเลอิก	9-octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ริซินโอเลอิก	12-hydroxy-cis-9-octadecanoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลินโอเลอิก	cis-cis-9,12-octadecadienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
ลินโอลินิก	cis-cis-cis-9,12,15-octadecatrienoic	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
อีลีโอสเตียริก	9,11,13-octadecatrienoic	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
แอลฟา	cis-trans-trans	
บีตา	trans-trans-trans	
ลิคานิก	4-keto-9,11,13-octadecatrienoic	
แอลฟา	cis-trans-trans	
บีตา	trans-trans-trans	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\overset{\text{O}}{\underset{\text{ }}{\text{C}}}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

2.7.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว

ไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยพันธะคู่ตั้งแต่ 1 พันธะขึ้นไป และตำแหน่งของพันธะคู่ของกรดไขมันแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันออกไป ถ้ามีพันธะเดี่ยว (Single bond) คั่นอยู่ระหว่างพันธะคู่ เรียกพันธะคู่แบบนี้ว่า พันธะคู่สลับเดี่ยว (Conjugated double bond)

-CH=CH-CH=CH-CH= พันธะคู่สลับเดี่ยว

-CH=CH-CH₂-CH=CH- พันธะคู่แบบห่าง (Isolated double bond)

พันธะคู่ที่มีอยู่ในกรดไขมัน มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมันมาก ทั้งนี้เพราะปฏิกิริยาการแข็งตัวของน้ำมัน เป็นปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจนกับพันธะคู่ของโมเลกุลของน้ำมัน ยิ่งมีพันธะคู่มากเท่าไรการแข็งตัวก็จะยิ่งเร็วขึ้น นอกจากนี้ ตำแหน่งของพันธะคู่ก็มีผลต่อสมบัติการแข็งตัวของน้ำมัน กล่าวคือ ถ้าเป็นพันธะคู่สลับเดี่ยว จะเกิดปฏิกิริยาและแข็งตัวได้เร็วกว่าพันธะคู่แบบห่าง

2.8 น้ำมันลินสีด (Linseed oils)

ลินสีด (Linseed or Flaxseed) จัดเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจของโลกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Linum usitatissimum* ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในรูปของน้ำมันที่สกัดมาจากส่วนของเมล็ด และเส้นใยที่ได้จากส่วนของลำต้น ในประเทศไทยรัฐบาลตระหนักถึงความสำคัญของพืชนี้ และส่งเสริมให้มีการปลูก ทั้งบนที่สูง ที่ราบเชิงเขา และที่ราบ พืชชนิดนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามความต้องการ และการนำไปใช้ประโยชน์คือ

2.8.1 ลินสีด (Linseed) ในกรณีที่ปลูกเพื่อใช้เมล็ดไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยน้ำมันที่ได้มีลักษณะพิเศษคือ แข็งเร็ว หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าน้ำมันชักแห้ง (Drying oil) จึงเหมาะที่จะใช้มาเป็นส่วนผสมในการทำสี น้ำมันชักเงา น้ำมันเคลือบไม้ หมึกพิมพ์ ผ้าพลาสติก น้ำมันพอกหนังจาร์บี และสารหล่อลื่น เช่น ผสมกับน้ำมันสน น้ำมันตะกั่ว และในอุตสาหกรรมทำพรมน้ำมัน

น้ำมันลินสีดเป็นไขมันที่ประกอบไปด้วยกรดไขมัน 3 ชนิดทั้งชนิดอิ่มตัว และชนิดไม่อิ่มตัว คือ กรดโอเลอิก กรดโอโนเลอิก และ กรดลิโนเลอิก มารวมตัวกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล



รูปที่ 2.23 เมล็ดลินสีด

2.8.2 ลินิน (Flaxseed) ในกรณีที่ใช้ประโยชน์จากเส้นใยจากส่วนของลำต้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสิ่งทอ เช่น ผ้าลินิน เชือก ผ้าใบ กระเป๋า ด้าย วัสดุกันความร้อน นอกจากนี้แล้วกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดลินสีด ยังมีคุณค่าทางอาหารสูง เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยกากที่ได้มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 24-36% และสามารถย่อยได้ถึง 85% นอกจากนี้กากที่ได้ยังสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ที่ให้น้ำนมและให้เนื้อ รวมทั้งยังใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ประมาณ 5%, 1.4% และ 1.8% ตามลำดับ



รูปที่ 2.24 ต้นแฟลกซ์

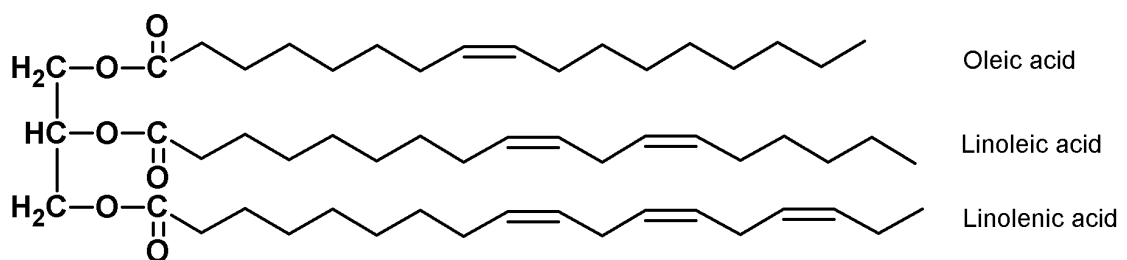
ลินีสีดเป็นพืชที่ปรับตัวได้ดีในเขตอบอุ่น และเขตนานว นอกจากนี้สามารถปลูกและ ใช้ประโยชน์ทั้งในรูปของน้ำมันและเส้นใย ยังใช้สกัดสารเคมีในการทำกายภาพบำบัด เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยในการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะมีสารประกอบ mucilaginous carbohydrates ที่เรียกกันในชื่อ pentosans ที่พบในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด

เมล็ดลินีสีดมีปริมาณน้ำมันประมาณ 35-45% ซึ่งจัดเป็นพืชหลักที่มีปริมาณกรดไขมันลิโนเลนิก แอซิด สูงถึงประมาณ 40-65% และมีคุณสมบัติไวต่อการเกิดออกซิเดชัน (Autooxidation) ซึ่งเป็นผลให้น้ำมันลินีสีดมีคุณสมบัติแห้งเร็ว เหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมทำสี ย้อม และสีเคลือบเงา น้ำมันลินีสีดดิบอาจใช้ในแง่โภชนาการ เช่น ถูกใช้เพื่อปรุงอาหารเป็น cooking oil เพราะมีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของน้ำมันลินสีด

กรดไขมัน	เปอร์เซ็นต์/หน่วย
ไมริสติก (Myristic)	3
ปาล์มมิติก (Palmitic)	7
โอเลอิก (Oleic)	25
ลินโอเลอิก (Linoleic)	17
ลินโอเลนิก (Linolenic)	40

โครงสร้างของน้ำมันลินสีดเป็นไขมันที่ประกอบไปด้วยกรดไขมัน 3 ชนิด ทั้งชนิดอิ่มตัว และชนิดไม่อิ่มตัว คือ กรดโอเลอิก กรดลินโอเลอิก และ กรดลินโอเลนิก มารวมตัวกับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล (ดังรูปที่ 2.25)



รูปที่ 2.25 โครงสร้างทางเคมีของน้ำมันลินสีด [28]

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากน้ำมันลินสีดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเลอิกในปริมาณมาก ทำให้เกิดการเหม็นหืนได้ง่าย และมีอายุเก็บรักษาสั้น ทั้งในการผลิตในเชิงการค้ามีน้อยเมื่อ

เทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ น้ำมันลินสีดจึงถูกใช้ในแง่ปริมาณน้อยมาก และได้มีความพยายามอย่างมากที่จะลดปริมาณของกรดลิโนเลนิกลง ซึ่งจะช่วยให้น้ำมันมีคุณภาพในการบริโภคดีขึ้น

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Deo และคณะ [17] ศึกษาการย่อยเส้นใยฝ้ายและปอด้วยสัทธิรมชาติที่สกัดจากใบชา ด้วยเทคนิคต่างๆคือ Pre-mordanting Meta-mordanting และ Post-mordanting เปรียบเทียบการย่อยระหว่างเติมเกลือของโลหะ และไม่เติมเกลือของโลหะ พบว่า การย่อยด้วยเทคนิค Post-mordanting จะให้ค่าความเข้มของสี (K/S) สูงสุด เนื่องจากเกลือของโลหะจะไปสร้างพันธะกับโมเลกุลสีเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน , ค่าความคงทนของสีต่อแสง และ ความคงทนของสีต่อการซักของทั้งฝ้าย และ ปอ ที่ย่อยโดยเติมเกลือของโลหะมีค่าอยู่ในระดับ ดี ถึง ดีมาก เป็นผลมาจากการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะกับโมเลกุลของสี ทำให้สีผนึกกับเส้นใยได้ดีขึ้น

Kittinaovaratt [16] ศึกษาอิทธิพลของไคโตซานต่อการดูดซับสีย้อมบนผ้าฝ้ายซึ่งย่อยด้วยสัทธิรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด พบว่า การปรับสภาพผ้าฝ้ายก่อนย่อยด้วยไคโตซาน ช่วยให้การดูดซับสีย้อมจากเปลือกมังคุดดีขึ้น มีผลทำให้ผ้าฝ้ายที่ย่อยด้วยสีเปลือกมังคุดมีค่าความเข้มสีมากกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพด้วยไคโตซาน ในขั้นตอนการย่อยมีการเติมเกลือของโลหะลงไป เพื่อให้สีผนึกกับเส้นใยได้ดีขึ้น ซึ่งการใช้เกลือของโลหะแต่ละตัวก็จะให้เฉดสีที่ต่างกันออกไป นอกจากนี้การเติมเกลือของโลหะลงไปยังช่วยปรับปรุงสมบัติความคงทนของสีต่อแสง และ ต่อการซักของผ้าฝ้ายทั้งที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไคโตซาน และ ไม่ได้ปรับสภาพด้วยไคโตซาน ให้ดีขึ้นกว่าผ้าฝ้ายที่ย่อยด้วยสีจากเปลือกมังคุดที่ไม่ได้เติมเกลือของโลหะ

Samanta และคณะ [20,21] ศึกษาการย่อยผ้าฝ้าย และ ปอ ด้วยสัทธิรมชาติที่สกัดจากแก่นขนุน เพื่อศึกษาผลของมอร์แดนท์และสมบัติการย่อย โดยเปรียบเทียบระหว่างผ้าฝ้าย และ ปอ ที่ผ่านการปรับสภาพในครั้งแรกด้วยมอร์แดนท์จากธรรมชาติ (Myrobolan) และเกลือของโลหะ (Metal salt) เพียงหนึ่งชนิด ก่อนนำไปย่อยด้วยสัทธิรมชาติที่สกัดจากแก่นขนุนด้วยเทคนิค Pre-

mordanting กับ ผ้าฝ้าย และ ปอ ที่ผ่านการปรับสภาพในครั้งแรกแล้วนำไปปรับสภาพอีกครั้งด้วย มอร์แดนท์จากธรรมชาติ (Myrobolan) กับเกลือของโลหะ (Metal salt) ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ก่อนนำไปย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากแก่นขนุนด้วยเทคนิค Pre-mordanting พบว่า ในการปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยเหล็กในการปรับสภาพทั้งสองวิธีให้ค่าความเข้มข้น (K/S) สูงที่สุด และพบว่าค่า pH 11 ในกระบวนการย้อมจะให้ค่าความคงทนของสีต่อการซัก ต่อแสง และต่อการขัดถู ดีที่สุด

Ren และคณะ[18] ได้สังเคราะห์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันพืช 3 ชนิดคือ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วย 2,2,2- ไตรฟลูออโร เอทานอล เมื่อได้สารสะท้อนน้ำแล้วจึงนำไปตกแต่งสำเร็จลงบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีจุ่ม-อัด หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จไปทดสอบสมบัติการสะท้อนน้ำต่างๆ พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันพืชดัดแปรทั้ง 3 ชนิด ให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดี แต่น้ำมันปาล์มดัดแปร ให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดีที่สุด เมื่อผ่านการทดสอบการซักไปแล้ว 5 ครั้ง พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันถั่วเหลืองดัดแปร ยังคงให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดีที่สุด โดยยังคงมีค่ามุมสัมผัสมากกว่า 90 องศา

Zhao และคณะ [19] ได้สังเคราะห์สารสะท้อนน้ำจากการดัดแปรน้ำมันพืช 2 ชนิด คือ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ผ่านกระบวนการสปอนนิฟิเคชัน แอซิติฟิเคชัน อะคลิเลชัน ด้วย 2,2,2- ไตรฟลูออโรเอทานอล และ 2,2,3,3- เตตระฟลูออโรโพรพานอล เมื่อสังเคราะห์สารสะท้อนน้ำแล้วนำไปตกแต่งสำเร็จลงบนผ้าฝ้ายด้วยวิธีจุ่ม-อัด-อบแห้ง จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันดัดแปรทั้ง 2 ชนิด ไปทดสอบสมบัติต่างๆรวมถึงสมบัติการสะท้อนน้ำ พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายดัดแปรที่ทำปฏิกิริยากับ 2,2,3,3- เตตระฟลูออโรโพรพานอล ให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดีกว่าน้ำมันถั่วเหลืองดัดแปร และเมื่อทดสอบความคงทนของสารตกแต่งสำเร็จที่อยู่บนผ้าเมื่อผ่านการซักไป 20 ครั้ง พบว่าน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายที่ทำปฏิกิริยากับ 2,2,3,3- เตตระฟลูออโรโพรพานอล ยังคงให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดีโดยให้ค่ามุมสัมผัสประมาณ 137 องศา

บทที่3

วิธีดำเนินการวิจัย

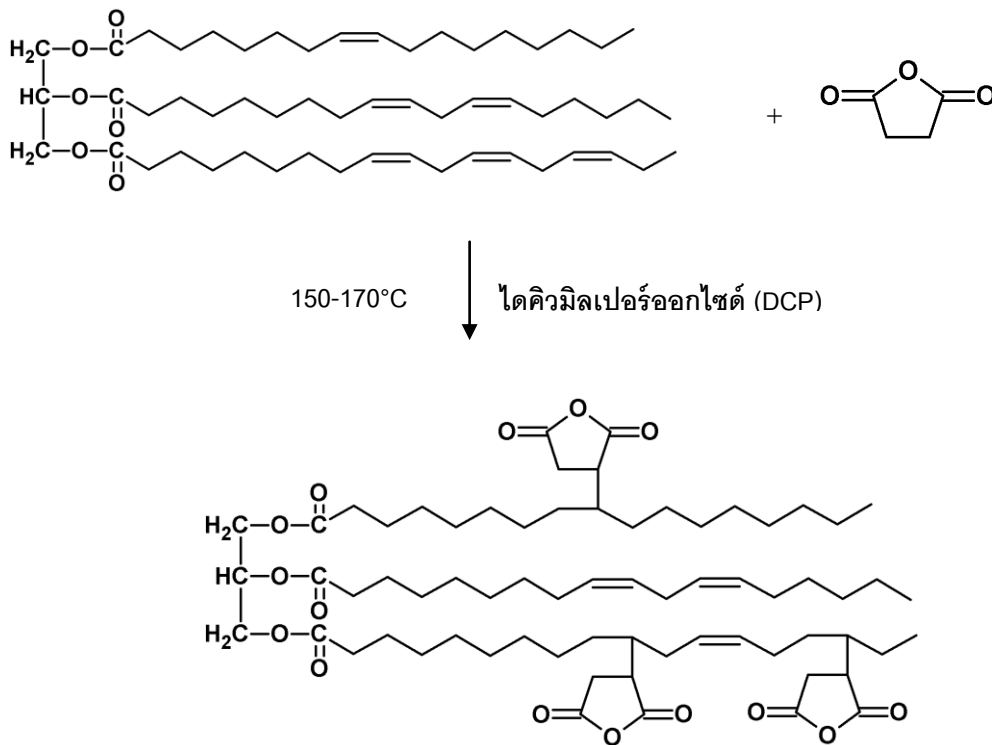
3.1 วัสดุและสารเคมี

3.1.1 ผ้าฝ้ายทอลายขัด (Plain weave cotton fabric) ที่ผ่านการทำความสะอาดและฟอกขาวแล้ว ที่มีจำนวนเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง 142 และ 82 เส้นต่อตารางนิ้ว ตามลำดับ

3.1.2 แก่นขนุนสับ (แหล่งสี morin) จากลำต้นไม้ขนุน สับเป็นชิ้นเล็กๆ

3.1.3 ถั่วเหลืองผ่าซีกตราไรท์พิย์ (แหล่งโปรตีนถั่วเหลือง)

3.1.4 น้ำมันลินสีดมาเลเอต สังเคราะห์ขึ้นในห้องทดลองจากปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมันลินสีด และ มาเลอิกแอนไฮไดรด์ดังสมการ



3.1.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) มีสูตรเคมี NaOH น้ำหนักโมเลกุล 40 กรัม/โมล เกรด สำหรับห้องทดลอง จากบริษัท Ajax Finechem

- 3.1.6 โนนิลฟีนอล เอธอกซีเลท ฟอสเฟต (Nonyl phenol ethoxylate phosphate) มีสูตรเคมี $C_{35}H_{65}O_{14}P$ ทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ในการเตรียมน้ำมันลินสีดมาเลเอต เพื่อตกแต่งสำเร็จ
- 3.1.7 โซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ มอนอไฮเดรต (Sodium hypophosphite monohydrate) มีสูตรเคมี $NaH_2PO_2 \cdot H_2O$ น้ำหนักโมเลกุล 105.99 กรัม/โมลเกรดสำหรับห้องทดลอง จากบริษัท Ajax Finechem
- 3.1.8 ผงซักฟอกไม่มีสารเรืองแสง ECE จากบริษัท Enterprises Limited

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 3.2.1 เครื่องบีบอัด (Padder, Labtec, Newave lab equipment Co.,Ltd)
- 3.2.2 เครื่องย้อมแบบแช่ (Labtec, Newave lab equipment Co.,Ltd)
- 3.2.3 เครื่องอบแห้ง (Stenter, Rapid labortex Co.,Ltd)
- 3.2.4 เครื่องทดสอบการซัก (Gyrowash, James H. Heal&Co.,Ltd)
- 3.2.5 เครื่องทดสอบการขจัด (AATCC Crockmeter, CM-1, Atlas Electric Devices Co.)
- 3.2.6 เครื่องกวนผสม (Magnetic stirrer, IKA[®] C-MAG HS7)
- 3.2.7 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FTIR, Nicolet 6700)
- 3.2.8 เครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Macbeth color-eye 7000)
- 3.2.9 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer (Specord S100)
- 3.2.10 เครื่องวัดองศาสัมผัส (Contact angle meter, CAM-PLUS Tantec)
- 3.2.11 ตู้ไฟมาตรฐาน (Color assessment cabinet, Vervide)

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน
2. การเตรียมโปรตีนจากถั่วเหลือง และ การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง
3. การย้อมผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน
4. การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเดเอต

3.3.1 การสกัดสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

สีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนที่นำมาใช้ย้อมผ้าฝ้ายในงานวิจัยนี้ เตรียมโดย ชั่งแก่นขนุนที่ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วตามน้ำหนักของอัตราส่วนแก่นขนุนต่อน้ำที่แปรผันคือ 1:10 1:20 และ 1:30 ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณแก่นขนุนที่ใช้ในการสกัดที่อัตราส่วนปริมาณน้ำย้อมต่อน้ำหนักผ้าต่างๆ

อัตราส่วนปริมาณน้ำย้อมต่อน้ำหนัก ผ้า (Liquor ratio)	น้ำหนักแก่นขนุน (g)
1:10	100
1:20	50
1:30	33.33

นำแก่นขนุนใส่ลงไปใต้น้ำปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ที่ต้มไว้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองเอาแต่น้ำย้อมที่ได้ และปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร ทุกครั้ง เพื่อเทียบปริมาณสีย้อมที่อยู่ในน้ำย้อมต่อลิตร

3.3.2 การเตรียมโปรตีนจากถั่วเหลือง และ การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองมาแช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำมาตำให้ละเอียด แล้วห่อด้วยผ้าขาวบางบีบเอาน้ำออกจะได้โปรตีนจากถั่วเหลือง ก่อนนำมาใช้ปรับสภาพผ้าฝ้ายต้องลดขนาดโมเลกุลของถั่วเหลืองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร เพื่อให้โมเลกุลของถั่วเหลืองกระจายตัวทั่วทั้งหน้าผ้า และสม่ำเสมอทั่วทั้งผืนผ้า

การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ผ่านการลดขนาดโมเลกุลด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร โดยแปรผันความเข้มข้นของโปรตีนจากถั่วเหลือง 5, 10, 15, 20, 25, 30 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำผ้าฝ้ายขนาดประมาณ 19x19 เซนติเมตรหนัก 5 กรัม มาจุ่มลงในโปรตีนจากถั่วเหลืองแล้วนำไปผ่านลูกกลิ้งของเครื่องจุ่มอัด โดยปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้สามารถอัดรีดผ้าให้มีปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองอยู่บนผ้า (%wet pick-up) ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักผ้า ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายไปล้างด้วยน้ำกลั่น เพื่อกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์บนผ้าที่ติดมาจากการลดขนาดโมเลกุลถั่วเหลืองออก แล้วนำผ้าฝ้ายไปเข้าสู่กระบวนการย้อม

$$\% \text{wet pick-up} = \frac{\text{น้ำหนักผ้าหลังจากผ่านเครื่องบีบอัด} - \text{น้ำหนักผ้าก่อนเข้าเครื่องบีบอัด}}{\text{น้ำหนักผ้าก่อนเข้าเครื่องบีบอัด}} \times 100$$

ตารางที่ 3.2 ปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ในการปรับสภาพผ้าฝ้ายในแต่ละความเข้มข้น

ความเข้มข้นโปรตีนจากถั่วเหลือง (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณของโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ (มิลลิลิตร)
ไม่ได้ปรับสภาพ	-
5	8.3
10	16.7
15	25
20	33.3
25	41.67
30	50



รูปที่ 3.1 เครื่องจุ่มอัด (Padder)

3.3.3 การย้อมผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

นำผ้าฝ้ายขนาดประมาณ 19x19 เซนติเมตร หนัก 5 กรัม ที่ผ่านการปรับสภาพและล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกแล้ว มาย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนที่เตรียมไว้กับเครื่องย้อมแบบแช่ (รูปที่ 3.2) โดยแปรผันอัตราส่วนน้ำหนักผ้าต่อปริมาณน้ำย้อม 1:10 1:20 และ 1:30 ตามลำดับ ย้อมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำไปซักด้วยน้ำเปล่า ตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3.2 เครื่องย้อมแบบแช่

3.3.4 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

3.3.4.1 การสังเคราะห์น้ำมันลินสีดมาเลเอต

น้ำมันลินสีดมาเลเอต เตรียมโดยนำน้ำมันลินสีดปริมาตร 300 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150-170 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ มาเลอิกแอนไฮไดร (MA) ปริมาตร 20% ของน้ำมันลินสีด และ ไดควิมิลเปอร์ออกไซด์ (DCP) ปริมาตร 3% ของมาเลอิกแอนไฮไดรที่ใช้ ลงไป คนให้สารเข้ากัน ควบคุมอุณหภูมิแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

จากนั้นยกลงตั้งทิ้งไว้จนถึงอุณหภูมิห้อง เติมอะซิโตนในอัตราส่วนปริมาตร 1:1 กับน้ำมันลินสีดที่ใส่ เพื่อไม่ให้น้ำมันจับตัวกันเวลานำไปใช้งาน

3.3.4.2 การตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

เตรียมน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20, 25, 30 กรัมต่อลิตร ละลายกับโนนิลพีนอล เอทอกซิเลท ฟอสเฟต ที่ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Magnetic stirrer) ที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-60 นาที เพื่อให้ น้ำมันลินสีดมาเลเอตแตกตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนมาจุ่มลงในสารละลายโซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ มอนอไฮเดรต ที่ความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้คาร์บอกซิลิกเกิดการเชื่อมขวางกับผ้าฝ้าย นำไปผ่านลูกกลิ้งของเครื่องจุ่มอัด แล้วตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ต่อจากนั้นนำผ้าฝ้ายมาจุ่มลงในสารละลายน้ำมันลินสีดมาเลเอตแล้วนำไปผ่านลูกกลิ้งของเครื่องจุ่มอัด กำหนดระยะระหว่างลูกกลิ้งให้สามารถอัดรีดผ้าให้มีร้อยละของสารที่อยู่บนผ้า (%wet pick-up) ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักผ้า จากนั้นนำเข้าเครื่องอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อล้างเอาสารลดแรงตึงผิวที่อยู่บนผ้าฝ้ายออก นำเข้าเครื่องอบแห้งอีกครั้งที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที



รูปที่ 3.3 เครื่องอบแห้ง (Stenter)

3.4 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง

3.4.1 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิคเอทีอาร์-ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

ทำการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR, Nicolet 6700) กำหนดความยาวคลื่นของสเปกตรัมในช่วง $4000-400\text{ cm}^{-1}$ จำนวนสแกน 64 ครั้ง



รูปที่ 3.4 เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ (FTIR)

3.4.2 การหาปริมาณไนโตรเจนบนผ้าด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ

ทำการหาปริมาณไนโตรเจนบนผ้าฝ้ายหลังปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Elemental analyzer, PerkinElmer PE2400 series II) CHNS/O Analyzer ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Elemental Analyzer, PerkinElmer PE2400 series II)

3.5 การทดสอบสมบัติของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน และผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

3.5.1 การหาร้อยละการดูดซึมของสีย้อม

การหาร้อยละการดูดซึมของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน (Exhaustion, %E) ด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Specord S100, รูปที่ 3.6) เพื่อดูร้อยละการดูดซึมสีในน้ำย้อมทั้งก่อนย้อม และหลังย้อม โดยนำน้ำย้อมมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำย้อม แล้วนำน้ำย้อมที่เจือจางไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) 388 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นสูงสุดที่มีการดูดกลืนแสงของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ร้อยละการดูดซึมของสี (%E) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$\%E = 100 \times [1 - (A_1/A_0)] \quad \text{สมการที่ 3.1}$$

เมื่อ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมก่อนย้อม

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมหลังย้อม



รูปที่ 3.6 เครื่อง UV-VIS spectrophotometer (Specord S100)

3.5.2 การหาความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

การหาความเข้มสีของผ้าหลังการย้อมจะวัดโดยเครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Macbeth Color-Eye 7000) ดังรูป 3.6 ผลที่วัดได้จะแสดงเป็นค่า K/S ซึ่งหาได้จากสมการของ Kubelka-Munk ดังนี้

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \quad \text{สมการที่ 3.2}$$

โดย K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน (Absorption coefficient)

S คือ ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Dispersion coefficient)

R คือ ค่าแสงสะท้อนของผ้าที่ความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{\max})



รูปที่ 3.7 เครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Macbeth Color-Eye 7000)

โดยการนำผ้าที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนมาวัดค่าความเข้มสี เปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยวัดสีที่ความยาวคลื่น 370 นาโนเมตร

3.5.3 การวัดการเปลี่ยนแปลงเจดสีของผ้าฝ้ายหลังย้อม

การวัดการเปลี่ยนแปลงเจดสีของผ้าที่ผ่านการย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนเพื่อเปรียบเทียบสีของผ้าก่อนการนำไปตากแห้งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต กับ สีของผ้าหลังการตากแห้งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต วัดด้วยเครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Macbeth Color-Eye 7000, รูปที่ 3.6) ผลที่วัดได้จะแสดงเป็นค่า L^* , a^* , b^* และ ΔE

3.5.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Colour fastness to washing with soap) เพื่อประเมินความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง ทดสอบโดยใช้มาตรฐาน ISO 105-C10 ด้วยเครื่อง Gyrowash (รูปที่ 3.7) ซึ่งการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักนี้จะเป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ (Grey scale for assessing change in colour) และ การติดเปื้อนสีบนผ้าขาวของผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ ด้วยเกรย์สเกล (Grey scale for assessing staining)



รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก (Gyrowash)

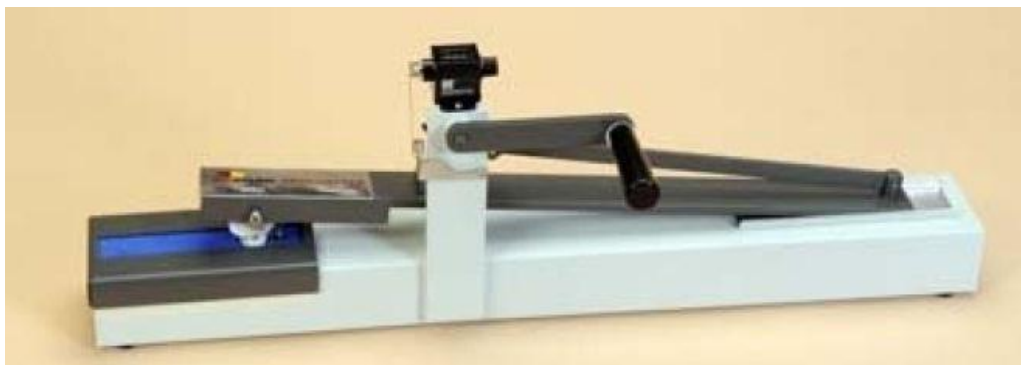
วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ISO 105-C10 ทำโดยตัดผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ และ ผ้าฝ้ายขาว ขนาด 40x100 มิลลิเมตร แล้วนำมาเย็บติดกันด้านใดด้านหนึ่ง หลังจากนั้นนำมาซักในสารละลายผงซักฟอกที่ไม่มีสารเรืองแสง (Detergent) 4 กรัมต่อลิตร ใช้อัตราส่วนผ้าต่อปริมาณน้ำย้อม 1:50 อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที เมื่อซักเสร็จนำขึ้นทดสอบมาล้างน้ำและเลาะด้ายที่เย็บออกจากกัน นำไปผึ่งลมให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ และ การติดเปื้อนสีบนผ้าขาวของผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ และ ผ้าฝ้ายขาวที่ไม่ได้ผ่านการซัก โดยใช้เกรย์สเกล

การประเมินผลทำในตู้ไฟมาตรฐานและใช้หลอดไฟ D65 ระดับการเปลี่ยนแปลงสีแบ่งเป็นระดับดังนี้

- ระดับ 5 เจดสีไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ระดับ 4-5 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
- ระดับ 4 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อย
- ระดับ 3-4 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยถึงปานกลาง
- ระดับ 3 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลาง
- ระดับ 2-3 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงปานกลางถึงมาก
- ระดับ 2 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงมาก
- ระดับ 1-2 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากถึงมากที่สุด
- ระดับ 1 เจดสีมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

3.5.5 การทดสอบการคงทนของสีต่อการขัดถู

การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (Colour fastness to crocking) เพื่อประเมินปริมาณสีที่เคลื่อนจากผิวหน้าของผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบ ไปยังผิวหน้าของผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน ทั้งในสภาวะแห้ง และ เปียก โดยใช้เครื่อง AATCC Crockmeter (รูปที่ 3.8) ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2007



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู (AATCC Crockmeter)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2007 ทำโดยนำผ้าฝ้ายชั้นทดสอบขนาด 50x130 มิลลิเมตร วางบนฐานของเครื่องทดสอบโดยให้ด้านยาวของชั้นทดสอบอยู่ในแนวขัดถู แล้วนำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานขนาด 50x50 มิลลิเมตร ไปห่อไว้กับแท่งขัดถูบนเครื่องทดสอบ แล้วทำการหมุนเครื่องทดสอบในแนวตามเข็มนาฬิกาจำนวน 10 รอบ ทำลักษณะเดียวกันทั้งในสภาวะแห้ง และ สภาวะเปียก หลังจากนั้นนำผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานไปประเมินค่าการเปื้อนสีบนผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐาน เทียบกับ ผ้าฝ้ายขัดถูมาตรฐานที่ไม่ได้ผ่านการขัดถู โดยใช้เกรย์สเกล (Grey scale for colour staining) การประเมินผลทำในตู้ไฟมาตรฐานและใช้หลอดไฟ D65 ระดับการติดเปื้อนสีแบ่งออกเป็นระดับดังนี้

- ระดับ 5 ไม่มีการติดเปื้อนสี
- ระดับ 4-5 มีการติดเปื้อนสีเล็กน้อย
- ระดับ 4 มีการติดเปื้อนสีน้อย
- ระดับ 3-4 มีการติดเปื้อนสีน้อยถึงปานกลาง
- ระดับ 3 มีการติดเปื้อนสีปานกลาง
- ระดับ 2-3 มีการติดเปื้อนสีปานกลางถึงมาก
- ระดับ 2 มีการติดเปื้อนสีมาก
- ระดับ 1-2 มีการติดเปื้อนสีมากถึงมากที่สุด
- ระดับ 1 มีการติดเปื้อนสีมากที่สุด

3.5.6 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (Colour fastness to light) เพื่อประเมินความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง และย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน และผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ทดสอบด้วยเครื่อง Atlas Xenon Arc Weather-Ometer Model Ci 3000+ (รูปที่ 3.9) เป็นเวลา 20 ชั่วโมง โดยใช้แสงซินอน อาร์ค ตามมาตรฐาน AATCC 16E และประเมินผลด้วย Gray scale for colour change



รูปที่ 3.9 เครื่องทดสอบความคงทนของสีต่อแสง (Atlas Xenon Arc Weather-Ometer Model Ci 3000+)

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC 16E ทำโดยนำผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบขนาด 45x10 มิลลิเมตร มาติดลงบนบัตร หรือกระดาษแข็ง ในลักษณะวางเรียงลงมาในแนวขนาน แล้วใช้แผ่นทึบแสงปิดที่ขึ้นทดสอบครั้งหนึ่ง โดยไม่กดที่ขึ้นทดสอบมากเกินไป พื้นที่ถูกแสงและไม่ถูกแสงไม่ควรน้อยกว่า 10x8 มิลลิเมตร แล้วนำไปเข้าเครื่องทดสอบอบแสงขึ้นอน อาร์ก เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำผ้าฝ้ายขึ้นทดสอบออกจากเครื่องทดสอบ แล้วนำไปประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงสีด้วย Gray scale for colour change ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงสีแบ่งออกเป็นระดับตั้งแต่ระดับ 1-8 โดยที่ระดับ 1 หมายถึง ตัวอย่างมีความคงทนของสีต่อแสงแดดต่ำที่สุด และระดับ 8 หมายถึง ตัวอย่างมีความคงทนของสีต่อแสงแดดสูงที่สุด

3.5.7 การทดสอบหาองศามุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวผ้า และ หาเวลาในการซึมน้ำของผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

3.5.7.1 การทดสอบหาองศามุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวผ้า

การทดสอบหาองศามุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวผ้า (Contact Angle) เพื่อทดสอบสมบัติการสะท้อนน้ำของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต โดยการหยดน้ำกลั่น ปริมาตรประมาณ 5 ไมโครลิตร ลงไปบนผิวผ้า แล้วทำการวัดมุมสัมผัส ระหว่างหยดน้ำกับผิวผ้า วัดโดยเครื่องวัดองศามุมสัมผัส (Contact angle meter, CAM-PLUS Tantec) ดังรูป 3.10



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact angle meter, CAM-PLUS Tantec)

3.5.7.2 การหาเวลาในการซึมน้ำบนผิวผ้า

การหาเวลาในการซึมน้ำบนผิวผ้า ทำโดยการนำผ้าที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตแล้ว วางบนพื้นราบ แล้วหยดน้ำกลั่นลงไป เริ่มจับเวลาจนน้ำซึมบนผิวผ้าจนหมด แล้วจดบันทึกเวลา

บทที่ 4

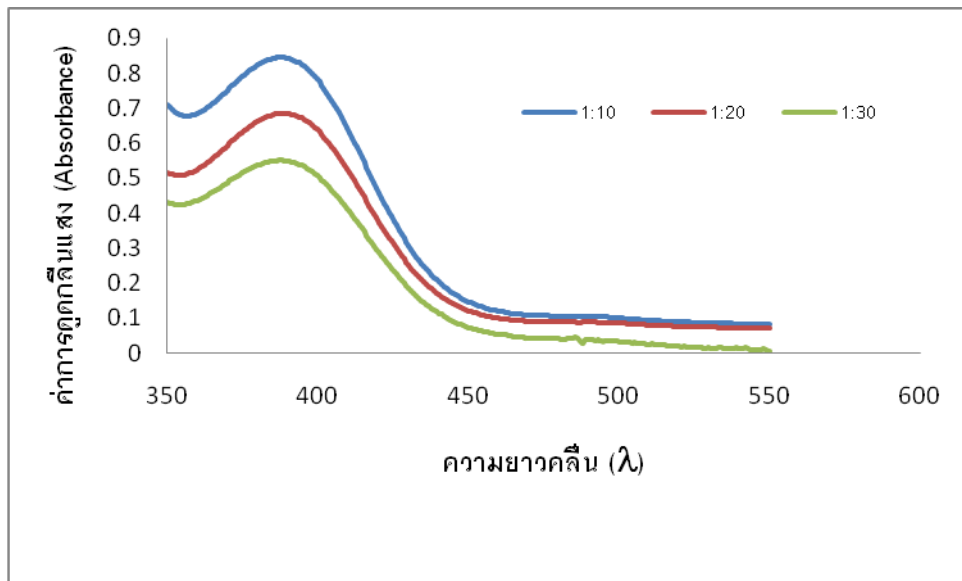
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ขอบเขตการทดลอง

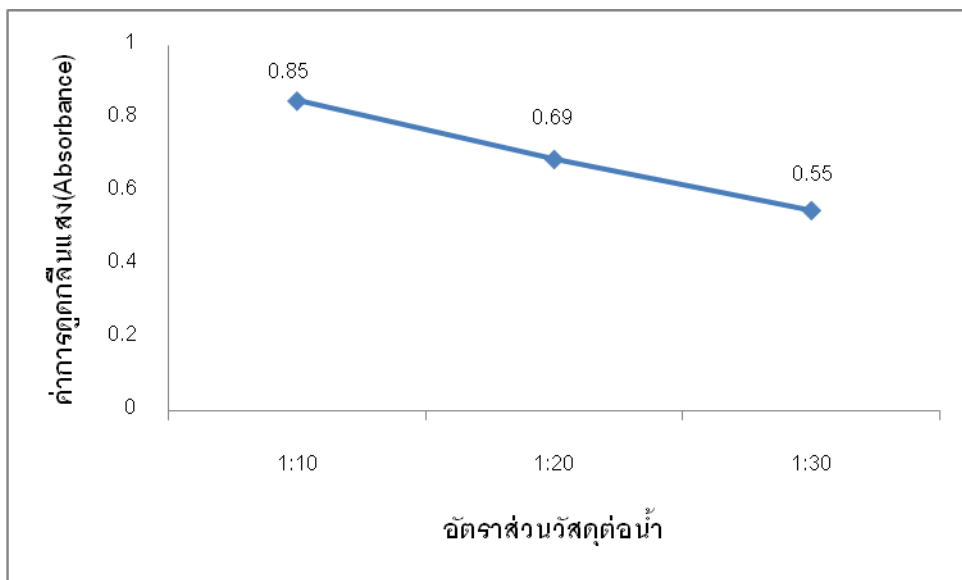
ในการทดลองนี้เป็นการปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มสมบัติการย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุน และการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต โดยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำผ้าฝ้ายมาปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองด้วยเทคนิคการจุ่ม-อัด จากนั้นนำมาย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที ต่อจากนั้นนำมาตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่สังเคราะห์ขึ้นระหว่างน้ำมันลินสีดกับมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ด้วยเทคนิคจุ่ม-อัด-อบผนึก ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 3 นาที จากนั้นนำผ้าฝ้ายตกแต่งสำเร็จมาทดสอบสมบัติความเข้มสี และสมบัติความคงทนของสีด้านต่างๆ โดยแสดงผลดังต่อไปนี้

4.2 การศึกษาการสกัดสีย้อม Morin จากแก่นขนุน

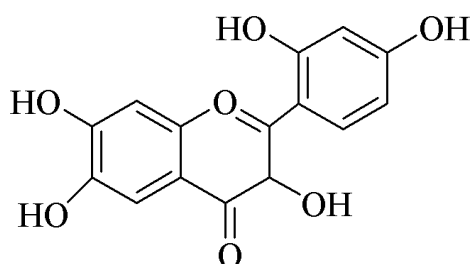
จุดประสงค์เพื่อหาภาวะการสกัดที่ดีที่สุด ซึ่งโดยทั่วไปภาวะที่มีอิทธิพลต่อการสกัดสีธรรมชาติมากที่สุดคืออัตราส่วนของวัสดุต้นน้ำ ในการทดลองนี้จึงได้ทำการทดลองสกัดสีที่ 3 อัตราส่วน คือ 1:10 1:20 และ 1:30 โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนวัสดุต้นน้ำ มีผลต่อความเข้มข้นของสีย้อมที่สกัดออกมาได้ ที่อัตราส่วนของวัสดุต้นน้ำต่ำ (1:10) จะมีความเข้มของสีที่สกัดออกมามากที่สุด โดยเปรียบเทียบที่ λ_{\max} 388 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.1 และเมื่อนำค่า absorbance ที่ λ_{\max} มาพล็อตหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่า absorbance และ อัตราส่วนของวัสดุต้นน้ำ จะได้กราฟที่ลักษณะดังรูป 4.2 จากกราฟที่ได้ทำให้สามารถอนุมานได้ว่า ปริมาณสีย้อมที่สกัดออกมาได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงว่าสี morin (รูปที่ 4.3) เป็นสีที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี สกัดได้ง่าย การเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุต้นน้ำไม่ได้ทำให้ได้ปริมาณสีย้อมเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามจะได้น้ำสีสกัดเจือจางกว่า ทำให้ไม่สามารถย้อมสีเสื้อได้ ดังนั้นอัตราส่วนวัสดุต้นน้ำที่ 1:10 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการทดลองนี้จึงเลือกอัตราส่วนนี้มาใช้ในการทดลองต่อไป



รูปที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงในน้ำขี้อมจากแก่นขนุนที่สกัดได้ในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่อัตราส่วนวัสดุต่อน้ำต่างๆ



รูปที่ 4.3 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมมอริน (Morin dye)

4.3 การปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลือง

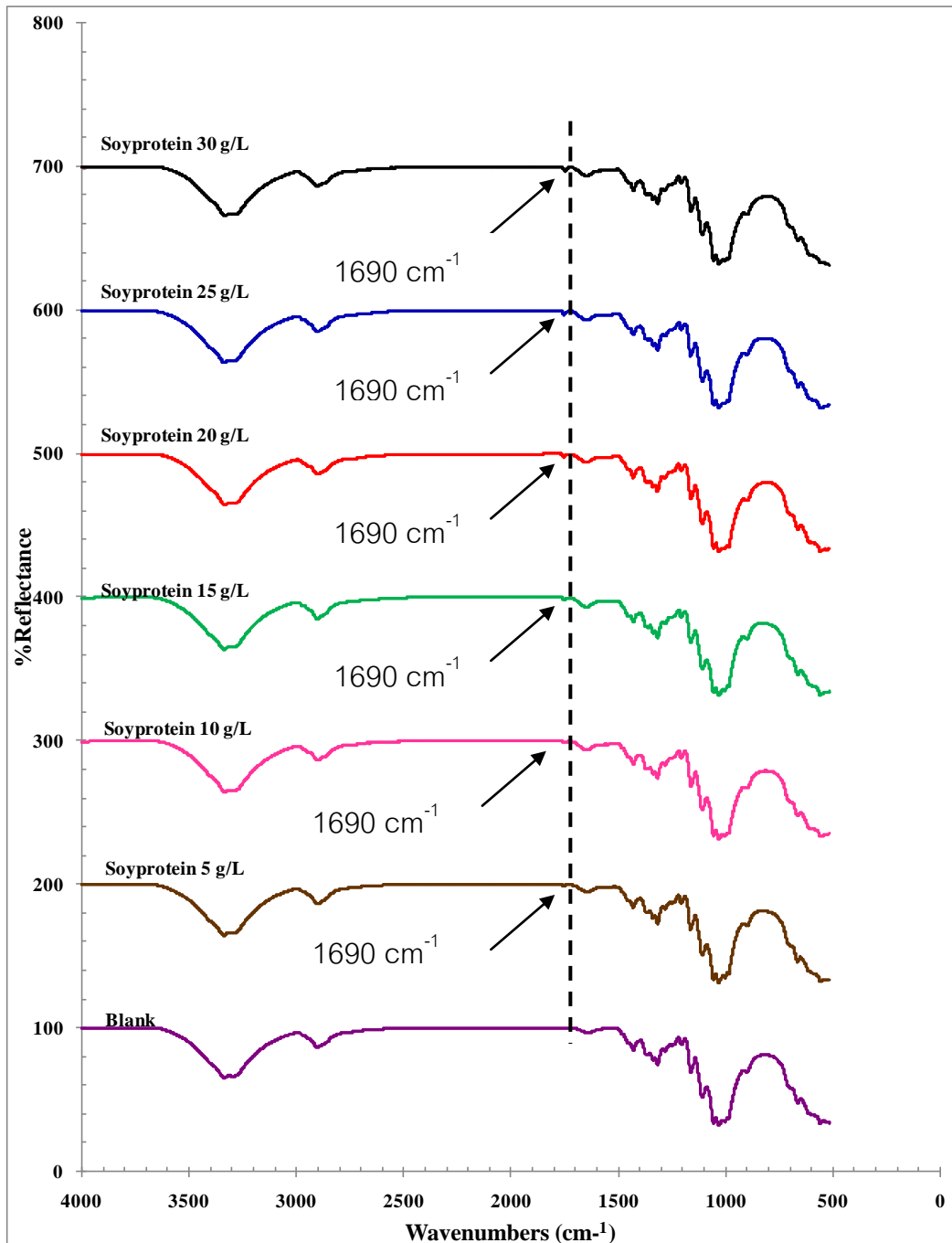
4.3.1 การวิเคราะห์โปรตีนถั่วเหลืองบนผ้าฝ้ายด้วยเทคนิค ATR/FTIR

จากสมบัติการละลายที่ดีของสี morin ทำให้สีชนิดนี้มีความสามารถในการดูดซับต่ำและเกาะติดบนเส้นใยได้ไม่คงทน จึงได้คิดค้นวิธีการเพิ่มความสามารถในการดูดซับของสี morin ในผ้าฝ้ายด้วยการเคลือบผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองที่เตรียมขึ้นสำหรับการทดลองนี้ได้จากน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งอยู่ในรูปคอลลอยด์ การนำไปเคลือบผ้าโดยตรงพบว่าเกิดรอยไหม้ของโปรตีนถั่วเหลืองบนผิวผ้าเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์มีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงได้ทำการย่อยอนุภาคคอลลอยด์ให้เล็กโดยได้ภาวะที่ดีที่สุดคือ ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตรในการย่อยคอลลอยด์ โดยทำที่อุณหภูมิห้อง

เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชันของโปรตีนถั่วเหลืองบนผิวผ้าหลังการปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยน้ำนมถั่วเหลืองด้วยเทคนิค ATR-FTIR ซึ่งการปรับสภาพผ้าด้วยโปรตีนถั่วเหลืองนั้นเพื่อเพิ่มหมู่เอไมด์เข้าไปในเซลลูโลส ทำให้เซลลูโลสดูดซับสีมอรินได้ดีขึ้น ซึ่งสีมอรินเป็นสีที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมากคล้ายกับเซลลูโลส เมื่อเส้นใยกับสีย้อมแสดงประจุที่เหมือนกัน จึงเป็นการยากที่สีย้อมจะสามารถเข้าไปสู่ภายในเส้นใยได้ โปรตีนจากถั่วเหลืองประกอบไปด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด ในกรดอะมิโนประกอบไปด้วยพันธะเปปไทด์ ซึ่งพันธะเปปไทด์จะเข้าไปสร้างพันธะไฮโดรเจนกับ

เซลลูโลส ทำให้พื้นผิวของเซลลูโลสเปลี่ยนจากประจุลบ กลายเป็นประจุบวก สีย้อมจึงสามารถเข้าสู่เส้นใยได้ดีขึ้น

ในการทดลองนี้ได้ปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน เมื่อพื้นผิวผ้าถูกเปลี่ยนให้เป็นประจุบวกโดยโปรตีนถั่วเหลืองแล้ว สีย้อมจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับโปรตีนจากถั่วเหลืองด้วยพันธะไฮโดรเจน เพื่อเป็นการยืนยันว่าสารที่ใช้มันได้อยู่ติดบนผิวผ้าแล้วหรือไม่ สามารถตรวจสอบได้โดยเทคนิค ATR-FTIR เพื่อเป็นการยืนยันความสมบูรณ์ของการทดลอง ดังรูปที่ 4.4



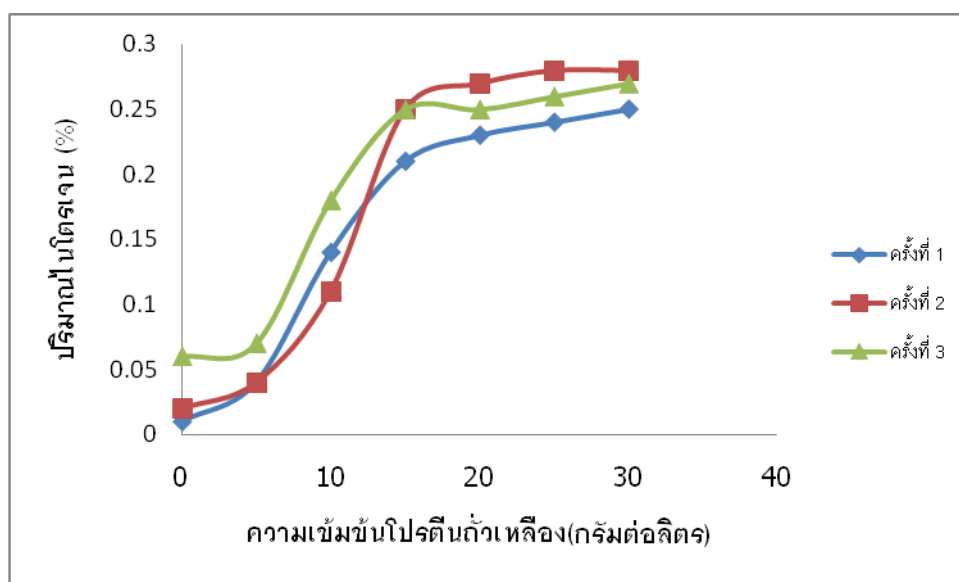
รูปที่ 4.4 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างๆ (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร) เทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ปรับสภาพ

จากรูปที่ 4.4 แสดงสเปกตรัมผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ATR-FTIR ของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างกัน (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร) กับ ผ้า

ฝ่ายที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ พบว่าผ้าฝ่ายที่ปรับสภาพจะพบพีคของเอไมด์ที่ตำแหน่งประมาณ 1690 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคที่มีน้อยมากจนแทบจะมองไม่เห็น เนื่องจากพีคของเอไมด์เป็นพีคที่อ่อน เมื่อเพิ่มปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองพีคก็ไม่ได้มีความเข้มเพิ่มขึ้น

4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนบนผ้าฝ่ายด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Elemental analyzer, EA)

เพื่อเป็นการศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่อยู่บนผิวผ้าในการปรับสภาพผ้าฝ่ายด้วยโปรตีนถั่วเหลืองในปริมาณที่แตกต่างกัน (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ผ้าฝ่ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ปริมาณ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Elemental analyzer, PerkinElmer PE2400 series II) CHNS/O Analyzer ผลที่ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.5



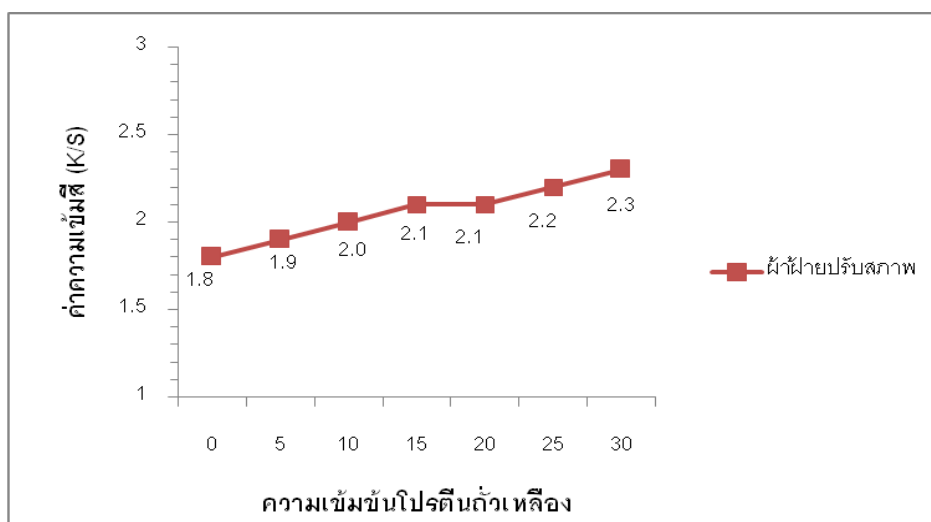
รูปที่ 4.5 ปริมาณไนโตรเจนบนผ้าฝ่ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างกัน

จากรูปที่ 4.5 พบว่าผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ปริมาณไนโตรเจนบนผ้าฝ้ายจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลือง นั่นคือ ปริมาณของไนโตรเจนบนผ้าฝ้ายจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะเริ่มคงที่ที่ความเข้มข้นของถั่วเหลือง 20 กรัมต่อลิตร ดังนั้นหากทำการเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลืองขึ้นอีกก็ไม่มีผลในการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

4.4 ศึกษาค่าความเข้มสี ค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสี และค่าความคงทนของสีของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง และ ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

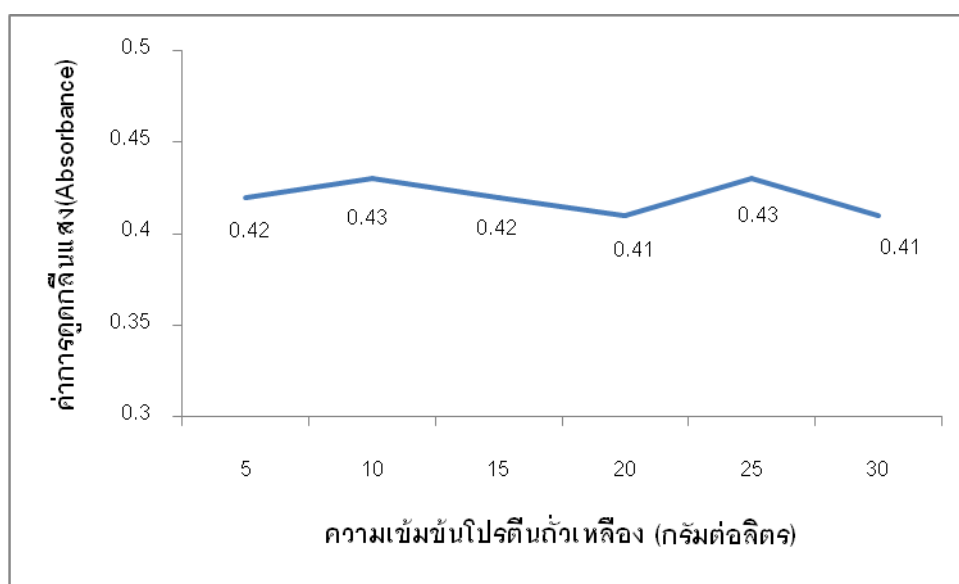
4.4.1 ผลของค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

เพื่อศึกษาผลของปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความสามารถในการดูดซับสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ค่าความเข้มสีที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

จากค่าความเข้มของสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนที่แสดงในรูปที่ 4.6 พบว่า ค่าความเข้มสีของผ้าที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง จะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเหลือง จึงพอสรุปได้ว่า ปริมาณของโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ มีผลต่อการดูดซับสีเข้าสู่เส้นใยของผ้าฝ้าย ทำให้ค่าความเข้มสีค่อยๆเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นโปรตีนถั่วเหลือง เมื่อนำน้ำย้อมหลังย้อมมาวัดหาค่า absorbance เพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้น ดังรูปที่ 4.7 จากกราฟพบว่าค่าการดูดกลืนแสงไม่ได้เป็นไปตามแนวโน้มลดลงที่สอดคล้องกับความเข้มสีที่เพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่าค่าความเข้มสีบนผ้าฝ้ายที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้นั้นไม่ได้หมายความว่าโมเลกุลสีดูดซึมเข้าสู่เส้นใยได้มาก แต่โมเลกุลสีไปเกาะบนผิวผ้า เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองนั้นไม่ได้ซึมเข้าสู่เส้นใยเพียงแค่ว่าอยู่ภายนอก ทำให้สีย้อมสะสมที่ผิวผ้ามากกว่าซึมเข้าไปในเส้นใย จึงสรุปได้ว่าการย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนที่ปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยโปรตีนถั่วเหลืองในการทดลองนี้เป็นการย้อมผิวผ้า (Surface dyeing)



รูปที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำย้อมหลังย้อมที่ความเข้มข้นโปรตีนถั่วเหลืองต่างๆ

4.4.2 ผลของการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจาก แก่นขนุน

เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีบนผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง หลังย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน แล้วนำมาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีผ้าคือ L^* , a^* , b^* และ ΔE ด้วยเครื่องวัดสี (Reflectance spectrophotometer, Macbeth Color-eye 7000) ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าค่าความสว่างของสี (L^*) ของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ โปรตีนถั่วเหลืองในความเข้มข้นที่มากที่สุด ทำให้ผ้ามีสีเข้มที่สุด เทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพพบว่าผ้ามีความสว่างมากที่สุด ค่า a^* (redness) และ b^* (yellowness) ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติจากแก่นขนุน พบว่ามีค่าไปทางสีเหลือง (b^* มีค่าไปทางบวกมากกว่า) โดยจะไปทางสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ปรับสภาพผ้าฝ้ายก่อนย้อม

ตารางที่ 4.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

ปริมาณโปรตีนถั่ว เหลือง (กรัมต่อลิตร)	L^*	a^*	b^*	ΔE
ไม่ได้ปรับสภาพ	88.4	-5.9	38.5	0.00
5	88.4	-6.0	39.1	0.6
10	88.1	-5.9	40.1	1.7
15	87.7	-5.7	40.5	2.1
20	87.6	-5.5	40.5	2.2
25	87.7	-5.5	39.7	2.5
30	87.0	-5.4	41.7	3.5

4.4.3 การทดสอบความคงทนของสีต่อการซัก

เพื่อศึกษาผลของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุนที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-C10 ผลการทดสอบพบว่าค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง และ ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองนั้น มีค่าไม่ต่างกัน คือ การเปลี่ยนสีของชิ้นทดสอบมีค่าระดับ 1-2 ซึ่งถือว่ามี การเปลี่ยนแปลงมากถึงมากที่สุด ทั้งนี้ถึงแม้ว่าโปรตีนจะสามารถทำปฏิกิริยากับสีย้อมจากแก่นขนุน (Morin dye) ได้ด้วยพันธะไฮโดรเจน แต่แรงกระทำนั้นก็ไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อการซักได้ ส่วนการตกเปื้อนสีบนผ้าขาวของชิ้นทดสอบนั้นอยู่ในระดับ 4-5 ซึ่งถือว่ามี การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย คือ สีที่หลุดออกมานั้นไม่ได้หลุดมาติดกับผ้าขาว แต่หลุดออกไปกับสารละลายผงซักฟอกมาตรฐาน สีบนผ้าขาวจึงมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองย่อยด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

ปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง (กรัมต่อลิตร)	ความคงทนของสีต่อการซัก	
	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน
ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ	1-2	4-5
5	1-2	4-5
10	1-2	4-5
15	1-2	4-5
20	1-2	4-5
25	1-2	4-5
30	1-2	4-5

4.4.4 การทดสอบความคงทนของสีต่อการขัดถู

เพื่อศึกษาผลของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2007 ผลการทดสอบพบว่าค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง และ ไม่ได้ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ที่สภาวะแห้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากคือมีค่าระดับการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับ 4-5 คือมีการติดเปื้อนสีเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ติดผ้าขาวออกมาเป็นสีที่อยู่บนหน้าผ้าบางส่วน จึงติดผ้าขาวออกมาเล็กน้อย แต่ในสภาวะเปียกมีค่าระดับการติดเปื้อนสีอยู่ในระดับประมาณ 3-4 คือมีการ

ติดเป็อนสีน้อยถึงปานกลาง เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวพาสีให้หลุดออกมาจากผ้า ทำให้สีติดเป็อนผ้าขาวในปริมาณมากกว่าในสภาวะแห้ง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

ปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลือง (กรัมต่อลิตร)	ความคงทนของสีต่อการขัดถู	
	สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก
ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ	4-5	3-4
5	5	3
10	4-5	3
15	4-5	3-4
20	4-5	3-4
25	4-5	3
30	4-5	3

4.4.5 การทดสอบความคงทนของสีต่อแสง

เพื่อศึกษาผลของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลือง ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อแสง ตามมาตรฐาน AATCC 16E ผลการทดสอบพบว่า ค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง และ ไม่ได้ปรับสภาพด้วยโปรตีนจากถั่วเหลือง มีค่าระดับการเปลี่ยนแปลงของเฉดสีที่ระดับ 3-4 คือเฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงน้อยถึงปานกลาง เนื่องจาก แสงจะ

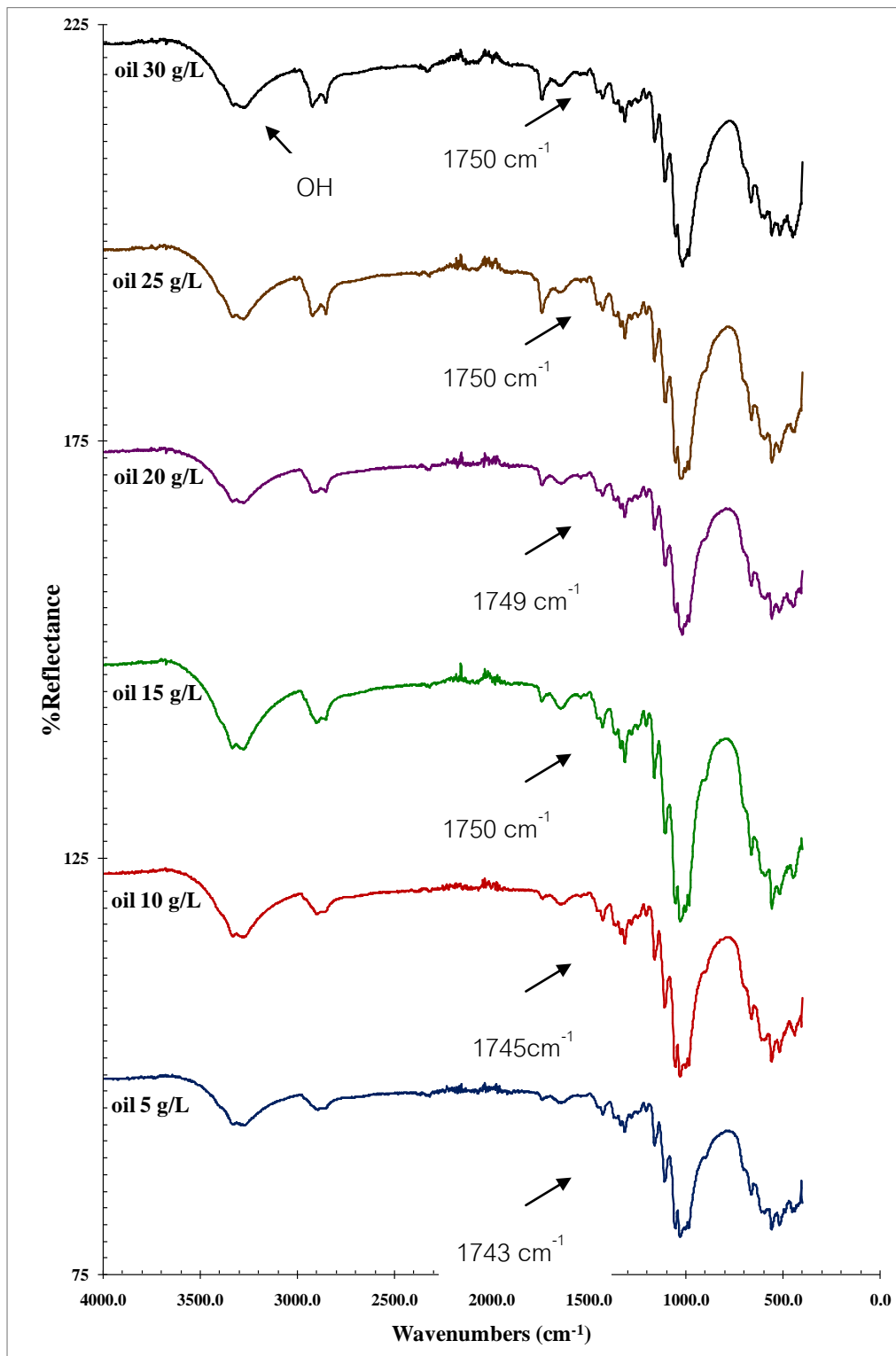
เข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลสี ทำให้โครงสร้างของโมเลกุลสีเปลี่ยนไป เมื่อโครงสร้างโมเลกุลสีเปลี่ยนทำให้มองเห็นสีซีดลง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองย้อมด้วยสี
ย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน

ปริมาณโปรตีนถั่วเหลือง (กรัมต่อลิตร)	ค่าความคงทนของสีต่อแสง
ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ	3-4
5	3-4
10	3-4
15	3-4
20	3-4
25	3-4
30	3-4

4.5 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของน้ำมันลินสีดมาเลเดตบนผ้าฝ้ายหลังตกแต่งสำเร็จด้วย เทคนิค ATR-FTIR

เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชันของน้ำมันลินสีดมาเลเดตบนผ้าฝ้ายหลังการตกแต่งสำเร็จ ด้วยเทคนิค ATR-FTIR เพื่อเป็นการยืนยันผลของน้ำมันลินสีดมาเลเดตบนผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ จากการวิเคราะห์แสดงผลของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งด้วยน้ำมันลินสีดที่ปริมาณต่างกัน ซึ่งผลสเปกตรัมแสดงดังรูปที่ 4.8



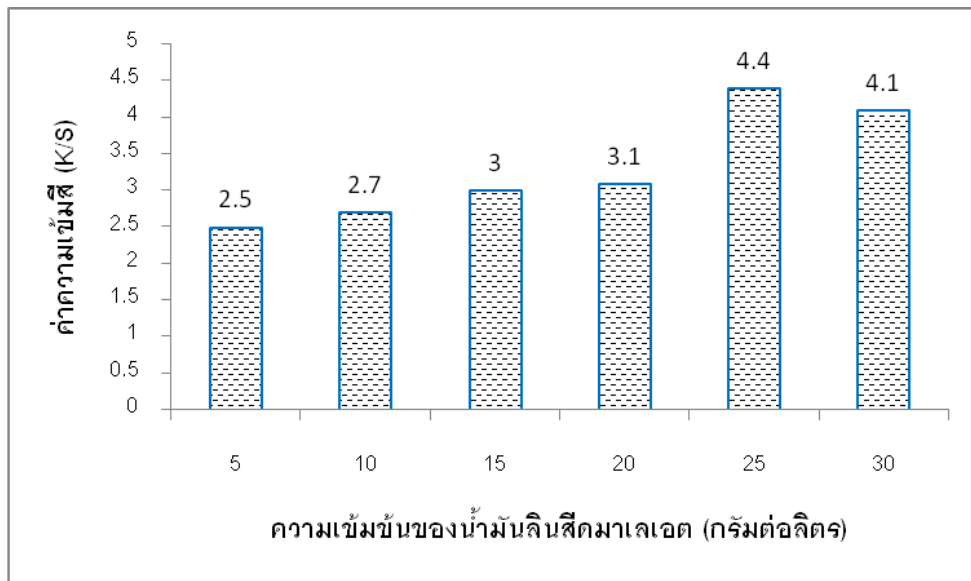
รูปที่ 4.8 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตที่ความเข้มข้นต่างๆ (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร)

จากรูปที่ 4.8 แสดงสเปกตรัม ATR-FTIR ของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จจะปรากฏพีคของเอสเทอร์ (O=C-O) ที่ความยาวคลื่นช่วง $1750-1735\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งความเข้มของพีคจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำมันลินสีดที่ใช้ตกแต่งสำเร็จบนผ้าฝ้าย โดยน้ำมันลินสีดในปริมาณ 30 กรัมต่อลิตร มีพีคของเอสเทอร์ที่มีความเข้มที่สุด และยังพบว่าที่ตำแหน่งของไฮดรอกซิล (-OH) ช่วงความยาวคลื่น $3500-3600\text{ cm}^{-1}$ บริเวณผิวผ้ามีความชอบน้ำ (Hydrophilic) ลดลง โดยพีคจะมีฐานที่แคบลง เนื่องจากการปกคลุมของน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ใช้ตกแต่งสำเร็จ

4.6 ศึกษาค่าความเข้มข้น ค่าความคงทนของสี ของผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน และตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

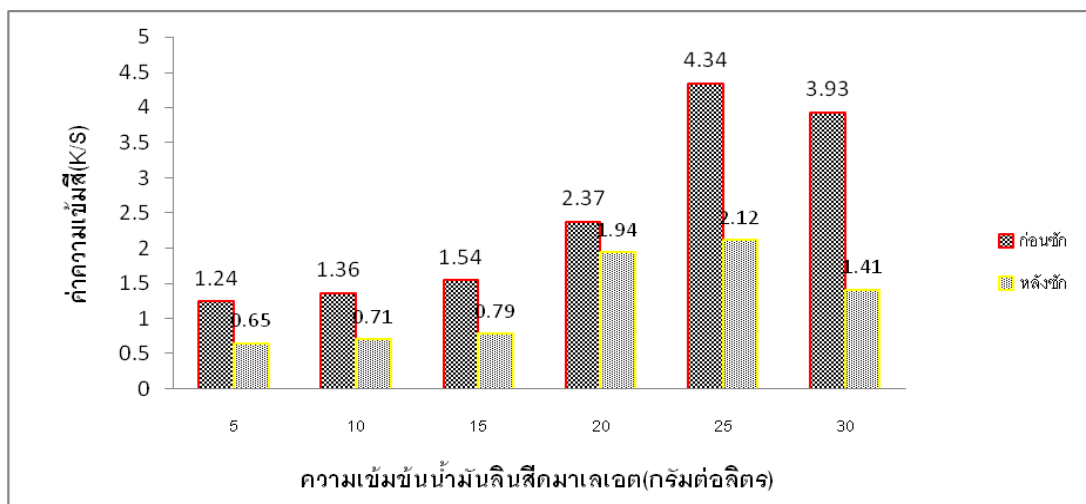
4.6.1 ผลของค่าความเข้มข้นของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ใช้ในการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความสามารถในการย้อมสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ค่าความเข้มข้นของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต แสดงไว้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต

จากค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตที่แสดงในรูปที่ 4.9 พบว่า ค่าความเข้มสีจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนมีค่ามากที่สุดที่ปริมาณ 25 กรัมต่อลิตร จากนั้นค่าความเข้มสีจะลดลงมา ซึ่งพอสรุปได้ว่าปริมาณของน้ำมันลินสีดมาเลเขตที่เหมาะสม ที่ให้ค่าความเข้มสีสูงสุดคือ 25 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต ก่อนซัก-หลังซัก

จากรูปที่ 4.10 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีจากธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ระหว่างผ้าฝ้ายก่อนซัก และหลังซัก พบว่าค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายหลังซักจะมีค่าลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของผ้าฝ้ายก่อนซัก นั่นหมายความว่าในขณะที่นำผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จไปผ่านการซัก สีที่อยู่ภายในเส้นใยเกิดการหลุดออกมา อาจเป็นสีที่สร้างพันธะกับเส้นใยแต่พันธะนั้นยังไม่มี ความแข็งแรงมากพอที่จะทนต่อการซักได้ จึงหลุดออกมา เป็นผลทำให้ค่าความเข้มสีมีค่าลดลง

4.6.2 ผลของค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

เพื่อศึกษาผลของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อการซัก ตามมาตรฐาน ISO 105-C10 ผลการทดสอบพบว่าค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีทดสอบอยู่ที่ระดับที่ใกล้เคียงกัน คืออยู่ในระดับ 4-5 ซึ่งถือว่าเฉดสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายก่อนการตกแต่งสำเร็จพบว่าค่าความคงทนของสีต่อการซักมีค่าในระดับดีขึ้นจากเดิมอยู่ที่ระดับ 1-2 เนื่องจากสีที่หลุดจากผ้าก่อนการตกแต่งสำเร็จนั้นเป็นสีที่ติดอยู่บนผิวผ้าไม่ได้เป็นสีที่สร้างพันธะกับตัวเส้นใย จึงไม่แข็งแรงพอที่จะทนต่อการซักได้ เมื่อทำการตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตแล้วน้ำมันจะเป็นตัวช่วยในการผนึกสีไม่ให้หลุดออกจากเส้นใย ส่วนการตกเปื้อนสีของผ้าขาวของสีทดสอบอยู่ในระดับ 4-5 ซึ่งถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เป็นผลสืบเนื่องมาจากน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่เป็นตัวช่วยผนึกสีไม่ให้หลุดออกมา จึงทำให้สีที่มาติดเปื้อนผ้าขาวนั้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจาก
แก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต

ปริมาณน้ำมันลินสีดมาเลเขต (กรัมต่อลิตร)	ความคงทนของสีต่อการซัก	
	เปลี่ยนสี	ตกเปื้อน
5	4	4-5
10	4	4-5
15	4	4-5
20	4	4-5
25	4-5	4-5
30	4-5	4-5

**4.6.3 ผลของค่าความคงทนต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังการย้อมสี
ธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต**

เพื่อศึกษาผลของค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสี
ธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ
30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อการขัดถู ตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2007
ผลการทดสอบพบว่า ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถูในสภาวะแห้งมีค่าในระดับที่ไม่ต่างกันคือ มี
ค่าระดับการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวในระดับ 4-5 ซึ่งถือว่าการติดเปื้อนสีเล็กน้อย เนื่องจากสีที่ติด
ผ้าขาวมาในสภาวะแห้งนั้นเป็นสีที่ไม่ได้สร้างพันธะกับเส้นใย เป็นสีที่อยู่บนผิวหน้าของผ้า จึงหลุด
ติดผ้าขาวออกมาได้ง่ายเมื่อมีการขัดถู ในสภาวะเปียกมีค่าระดับการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวที่ไม่
ต่างกันมากคือ โดยเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับ 3-4 ซึ่งถือว่าการติดเปื้อนสีน้อยถึงปานกลาง เนื่องจาก

ในสภาวะเปียกมีน้ำเป็นตัวกลางพาสีให้ออกมาติดผ้าขาวได้มากกว่าในสภาวะแห้ง เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จพบว่า ค่าความคงทนของสีต่อการซักทั้งในสภาวะแห้ง และในสภาวะเปียกนั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ และ ผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

ปริมาณน้ำมัน ลินสีดมาเลเอต (กรัมต่อลิตร)	ความคงทนของสีต่อการซัก			
	ผ้าฝ้ายที่ไม่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ		ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ	
	สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก	สภาวะแห้ง	สภาวะเปียก
5	4-5	3-4	4-5	3
10	5	3	4-5	3-4
15	4-5	3	4-5	3
20	4-5	3-4	4-5	3-4
25	4-5	3-4	4-5	4
30	4-5	3	4-5	3-4

4.6.4 ผลของค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอส

เพื่อศึกษาผลของค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอส ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อความคงทนของสีต่อแสงตามมาตรฐาน AATCC 16E ผลการทดสอบพบว่าค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอส มีค่าอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในระดับ 2-3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอสพบว่ามีค่าระดับความคงทนที่ลดลง เนื่องจากกระบวนการตกแต่งสำเร็จใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง ซึ่งอาจจะเกินอุณหภูมิการสลายตัวของสีย้อมธรรมชาติ โครงสร้างโมเลกุลสีอาจเกิดการสลายตัวไปบางส่วน เมื่อนำน้ำมันลินสีดมาเลเอสมาตกแต่งสำเร็จลงบนผ้าจึงไม่มีผลต่อระดับความคงทนของสีต่อแสง ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความคงทนของสีต่อแสงของผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ กับผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

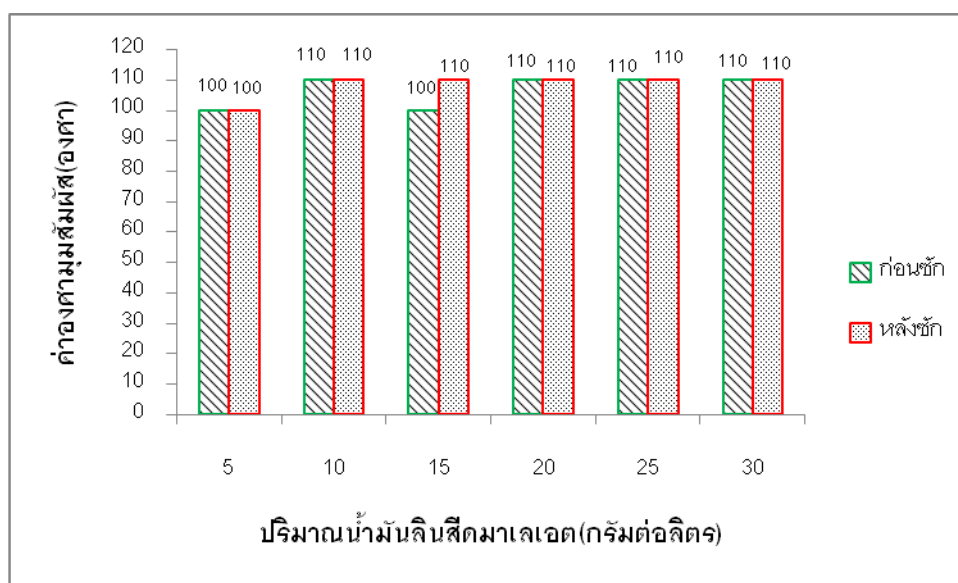
ปริมาณน้ำมันลินสีดมาเลเอต (กรัมต่อลิตร)	ความคงทนของสีต่อแสง	
	ผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ	ผ้าฝ้ายที่ผ่านการตกแต่งสำเร็จ
	สำเร็จ	
5	3-4	2
10	3-4	2-3
15	3-4	2-3
20	3-4	2-3
25	3-4	2-3
30	3-4	1-2

4.7 ศึกษาหาองศามุมสัมผัสของน้ำบนผิวผ้า และ หาเวลาในการซึมน้ำบนผิวผ้าของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

4.7.1 ผลของการหาองศามุมสัมผัสของน้ำบนผิวผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

เพื่อศึกษาผลของการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่องศามุมสัมผัส การสะท้อนน้ำบนผิวผ้า ด้วยเครื่องวัดองศามุมสัมผัส (Contact angle meter, CAM-PLUS Tantec) ผลการทดสอบพบว่า ค่าองศามุมสัมผัสของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเล

เอตจะอยู่ที่ประมาณ 110 องศา และเมื่อนำผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตไปผ่านการซักตามมาตรฐาน ISO 105-C10 ด้วยเครื่องทดสอบการซัก (Gyrowash) พบว่าผ้าฝ้ายยังคงให้ค่าองศาหมสุมสัมผัสที่ 110 องศา แต่เวลาในการซึมน้ำลดลง ทำให้น้ำซึ่มสูผิวผ้าได้เร็วขึ้น

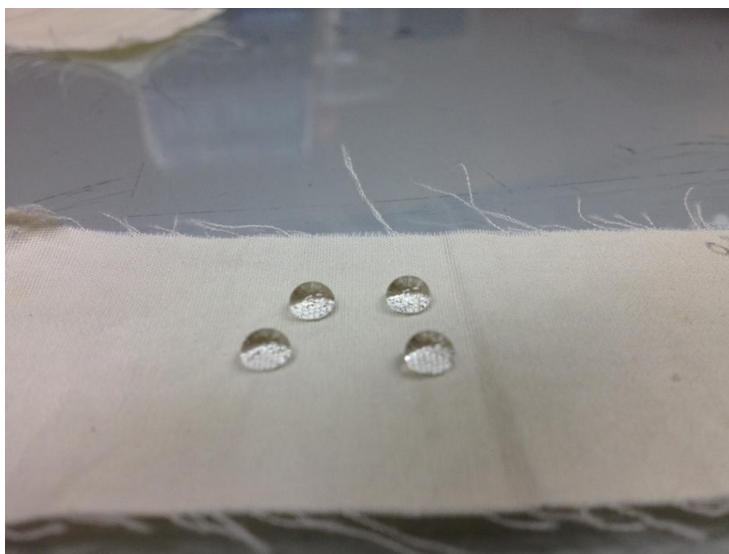


รูปที่ 4.11 ค่าองศาหมสุมสัมผัสของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

4.7.2 ผลการทดสอบหาเวลาในการซึมน้ำบนผิวผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต

เพื่อศึกษาผลของการตกแต่งสำเร็จผ้าฝ้ายหลังย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร ต่อสมบติการซึมน้ำของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จ ผลการทดสอบการหาเวลาซึมน้ำ (ดังรูปที่ 4.12) พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตให้สมบติการสะท้อนน้ำที่ยังไม่ค่อยดีนัก โดยเวลาในการซึมน้ำของผ้าที่ตกแต่งสำเร็จแต่ละผืนอยู่ที่ประมาณ 20-30 วินาที และเมื่อนำผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จมาทดสอบอีกครั้งหลังผ่านการซัก 1 ครั้ง ด้วยเครื่องทดสอบการซัก พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่ง

สำเร็จให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ลดลง เวลาในการซึมน้ำลดลง เนื่องจากการหลุดออกของสาร
ตกแต่งสำเร็จบนผิวผ้า แต่ยังคงชะลอการซึมน้ำสู่ผิวผ้าได้บ้าง



รูปที่ 4.12 การทดสอบหาเวลาในการซึมน้ำของผ้าฝ่ายตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขต

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยาดีพอลิเมอไรเซชันของถั่วเหลืองด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร และถูกทำให้เจือจางที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร แล้วนำไปปรับสภาพผ้าฝ้ายด้วยวิธีจุ่มอัด การตรวจสอบโปรตีนจากถั่วเหลืองบนผิวผ้าอ้ายเทคนิค ATR-FTIR และ การตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนบนผิวผ้าด้วยเทคนิค CHNS/O Analyzer

ผ้าฝ้ายที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร แล้ว นำไปย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ที่สกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำผ้าฝ้ายที่ย้อมไปวัดค่าความเข้มสีด้วยเครื่องวัดสี (Spectrophotometer) พบว่าค่าความเข้มสีบนผ้าฝ้ายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองที่ใช้ คือเพิ่มตามปริมาณถั่วเหลืองบนผิวผ้า โดยโมเลกุลของสีย้อมจากแก่นขนุนจะเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนถั่วเหลืองด้วยพันธะไฮโดรเจน ค่าความคงทนของสีต่อการซักของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองและย้อมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากแก่นขนุน ทำการทดสอบโดยมาตรฐาน ISO 105-C10 พบว่าระดับการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอยู่ในระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงมากถึงมากที่สุด เนื่องจากสีที่หลุดออกไปในขณะที่ซักเป็นสีที่ติดอยู่บนผิวผ้า ไม่ได้เป็นสีที่สร้างพันธะกับเส้นใย ระดับการตกเปื้อนสีบนผ้าขาวอยู่ในระดับที่มีการติดเปื้อนสีเล็กน้อย เนื่องจากสีที่หลุดออกมาไม่ได้เข้าไปสร้างพันธะกับเส้นใย แต่หลุดออกไปกับสารละลายผงซักฟอกมาตรฐาน ค่าความคงทนของสีต่อแสง ทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC 16E พบว่าระดับการเปลี่ยนแปลงเฉดสีอยู่ในระดับที่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยถึงปานกลาง ค่าความคงทนของสีต่อการขัดถู ทำการทดสอบตามมาตรฐาน AATCC Test Method 8-2007 พบว่าในสภาวะแห้งมีการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวเพียงเล็กน้อย และในสภาวะเปียกมีการติดเปื้อนสีบนผ้าขาวเล็กน้อยถึงปานกลาง

เนื่องจากในสภาวะเปียกมีน้ำเป็นตัวกลางในการพาสีให้ออกมาติดผ้าขาวได้มากกว่าในสภาวะแห้ง

ผลของผ้าฝ้ายที่ย้อมสีธรรมชาติจากแก่นขนุนและตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต ที่ความเข้มข้นต่างๆ (5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กรัมต่อลิตร) ด้วยวิธีจุ่มอัด-อบผนึก พบว่าค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นเดียวกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ผ่านการตกแต่งสำเร็จ ค่าความคงทนของสีต่อการซัก มีระดับการเปลี่ยนแปลงเฉดสีในระดับเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จถือว่ามีความเข้มข้นเนื่องจากนำน้ำมันลินสีดมาเลเอตจะช่วยเข้าไปผนึกสีไม่ให้ออกมาจากเส้นใย และพบว่าเมื่อผ่านการซักค่าความเข้มสีของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตจะมีค่าลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายก่อนซัก ค่าความคงทนของสีต่อการซักด้อมมีระดับการติดเปื้อนสีเท่าเดิม และความคงทนของสีต่อแสง มีระดับการเปลี่ยนแปลงเฉดสีที่ลดลง เมื่อเทียบกับผ้าฝ้ายที่ไม่ได้ตกแต่งสำเร็จ

ผลการทดสอบสมบัติสะท้อนน้ำของผ้าฝ้ายตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอต พบว่าผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเอตที่ปริมาณต่างๆ ให้ค่าองศามุมสัมผัสประมาณ 110 องศา และเวลาในการซึมน้ำประมาณ 20-30 วินาที เมื่อผ่านการซักด้วยผงซักฟอกมาตรฐานพบว่า ให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ลดลง เวลาในการซึมน้ำที่ลดลง เนื่องจากการหลุดออกของสารตกแต่งสำเร็จ แต่ยังคงพอชะลอการซึมน้ำเข้าสู่ผิวผ้าได้บ้าง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขั้นตอนการปรับสภาพผ้าฝ้าย ควรลดขนาดโมเลกุลโปรตีนจากถั่วเหลืองก่อนนำมาใช้งานทุกครั้ง เนื่องจากหากนำมาใช้ปรับสภาพเลย เวลานั้นไปย้อมจะเกิดรอยไหม้ของโปรตีนถั่วเหลืองบนผ้า

- 5.2.2 ในขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ เมื่อจุ่ม-อัดไซเดียมไฮโปฟอสไฟต์ มอนอไฮเดรต ลงบนผ้าแล้ว ควรอบแห้งเพื่อให้สารผนึกลงบนผิวผ้าก่อนนำไปจุ่มอัดน้ำมันลินสีดมาเลเอต เนื่องจากจะให้สมบัติการสะท้อนน้ำที่ดีกว่าผ้าฝ้ายที่ไม่ได้อบแห้งก่อน
- 5.2.3 น้ำมันลินสีดมาเลเอตที่สังเคราะห์ขึ้นไม่ควรเก็บไว้นาน เพราะเวลานำมาใช้งานน้ำมันจะไม่ละลายตัวในสารลดแรงตึงผิว เมื่อนำมาใช้ตกแต่งสำเร็จผ้าจะเห็นเป็นเม็ดน้ำมันบนผิวผ้า

รายการอ้างอิง

- [1] Burkinshaw S.M., and Kumar N., The mordant dyeing of wool using tannic acid and FeSO_4 , Part1: Initial findings. Dyes and Pigments 80 (2009): 53-60
- [2] วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
- [3] Wakelyn, P. J., and others. Cotton Fiber Chemistry and Technology. New York : Taylor & Francis/CRC, 2006.
- [4] Shore, J. Cellulosics Dyeing. UK : Society of dye and Colourist, 1995.
- [5] สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์. อิทธิพลของสารโคโตซานต่อสมบัติสีของมบนผ้าฝ้ายที่ย้อมด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากเปลือกมังคุด. ทุนวิจัยของทุนรัชดาภิเษกสมโภช, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [6] หนึ่ง กัญญาสาย, ปรียานุช ปิ่นประดับ, ปวีตรา คำสวัสดิ์. การเพิ่มสมบัติการย้อมติดสีธรรมชาติบนผ้าฝ้ายด้วยน้ำมันถั่วเหลือง. โครงการวิจัยระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2554.
- [7] กาวิ ศรีกุลกิจ. เอกสารประกอบการสอนวิชาสีย้อมสิ่งทอ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2550.
- [8] Schinder, W. D., and Hauser, P. J. Chemical Finishing of Textile. Cambridge, England: Woodhead Publishing, 2004.
- [9] อรุษา สรวารี. สารเคลือบผิว. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544
- [10] นุชศรา นฤมลต์. การใช้กาวยางเรซินและผลพลอยได้จากการผลิตกรดแลคติกในการพิมพ์ด้วยสีรีแอกทีฟของผ้าฝ้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

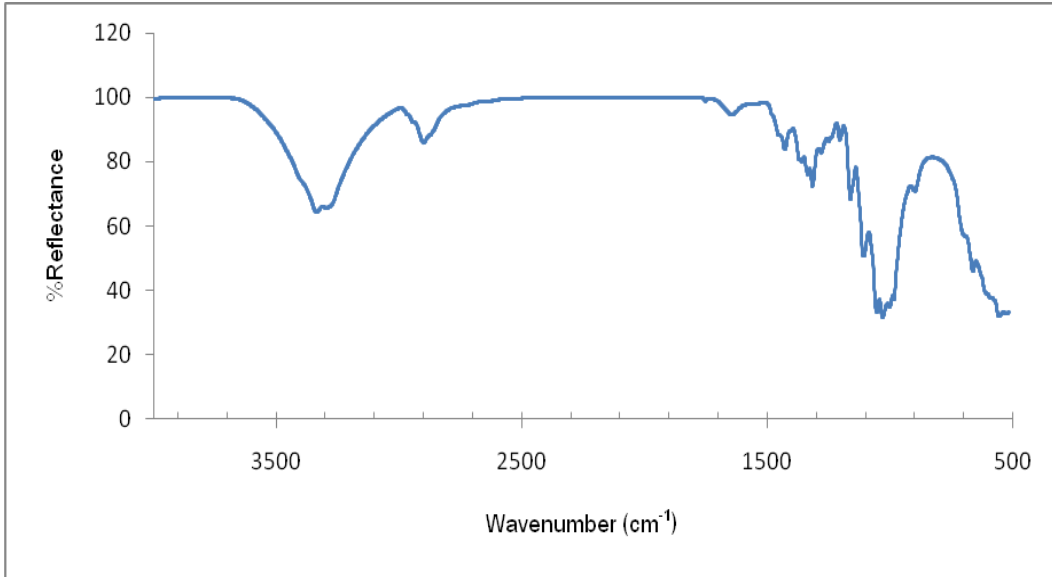
- [11] ภัทรธินันท์ อังตรเสน. การดัดแปรน้ำมันพืชเพื่อเป็นสารสะท้อนน้ำในการตกแต่งบนผ้าฝ้าย.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
2546.
- [12] ผู้สตี แซ่ลิ้ม. การย้อมสีย้อมธรรมชาติจากดอกคำฝอย *Carthamus tinctorius* และขมิ้นชัน *Curcuma longa* บนผ้าฝ้ายด้วยกรดพอลิคาร์บอกซิลิก. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [13] Suitcharit, C., Awae, F., Sengmama, W., and Srikulkit, K. Preparation of
Depolymerized Chitosan and Its Effect on Dyeability of Mangosteen Dye.
Chiang Mai Journal of Science 38(2011) : 473-484.
- [14] Suitcharit, C., Awae, F., Sengmama, W., and Srikulkit, K. Effect of Chitosan's
Molecular on Mangosteen Dyes Fixation on Cotton Fabric. Journal of
Metal, Material and Minerals 20(2010) : 27-31.
- [15] Houshyar, S., and Amirshahi, S. H. Treatment of Cotton with Chitosan and Its Effect
on Dyeability with Reactive dyes. Iranian Polymer Journal 11(2002) : 295-
301.
- [16] Kittinaovaratt, S. Using Chitosan for Improving the Dyeability of Cotton Fabrics with
Mangosteen Rind Dye. Journal of Science Research Chulalongkorn
University 29(2004) : 155-164.
- [17] Deo, H. T. and Desai, B. K. Dyeing of Cotton and Jute with Tea as a Natural Dye.
Journal of Society of Dyers and Colorist 115(1999) : 224-227.
- [18] Ren, Q., and Zhao, T. Synthesis and Application of Modified Vegetable Oils in
Water –Repellent Finishing of Cotton Fabric. Carbohydrate Polymers
80(2010) : 381-386.

- [19] Zhao, T., Zheng, J., and Sun, G. Synthesis and Application of Vegetable Oil-Based Fluorocarbon Water Repellent agents on cotton Fabrics. Carbohydrate Polymers 89(2012) : 193-198
- [20] Samanta, A. K., Agarwal, P., Datta, S. Dyeing of Jute with Binary Mixtures of Jackfruit Wood and Other Natural Dyes – Study on Colour Performance and Dye Compatibility. Indian Journal of Fibre & Textile Research 33(2008) : 171-180.
- [21] Samanta, A. K., Agarwal, P., Datta, S. Dyeing of Jute and Cotton Fabric Using Jackfruit Wood Extract: Part I - Effects of Mordanting and Dyeing Process Variables on Colour Yield and Colour Fastness Properties. Indian Journal of Fibre & Textile Research 32(2007): 466-476.
- [22] อนันต์เสวก เหวซึ่งเจริญ. รายงานการวิจัยเรื่อง”การพัฒนากระบวนการย้อมสีธรรมชาติ สำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว”, 2543.
- [23] สุรีย์ พุทธระกูล. รายงานการวิจัยเรื่อง”การพัฒนาสารย้อมสีธรรมชาติในเขตภาคเหนือ ตอนบน”, 2543.
- [24] Meksi, N., Kechida, M., and Mhenni, F. Cotton Dyeing by Indigo With the Borohydride: Effect of Some Experimental Condition on Indigo Reduction and Dyeing Quality. Chemical Engineering Journal. 131(2007): 187-193
- [25] Janhom, S., Griffiths, P., Watanesk, R., and Watanesk, S. Enhancement of lac dye adsorption on cotton fiber by poly(ethlyleneimine). Dyes and Pigments. 63(2004): 231-237.
- [26] Vigo, T. L., Textile Processing and Properties. Elsevier Science B. V., Netherlands, chapter 6, pp393-399.
- [27] Rouette, H-K., Encyclopedia of Textile Finishing. Springer. 2(2001): 1449-1451.

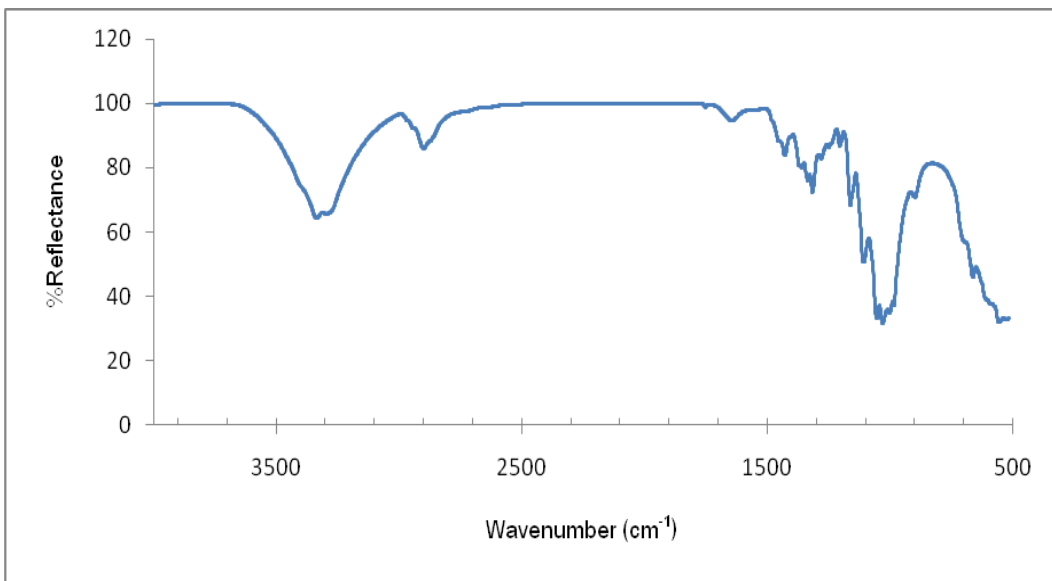
- [28] Cakmakli, B., Hazer, B., Tekin O. I., Kizgut, S., Koksai, M. and Mencilogul. Synthesis and Characterization of Polymeric Linseed Oil Grafted Methyl Methacrylate or Styrene. Macromolecule Biosciences. 4(2004): 649-655.
- [29] Renkema, J. M. S. Formation, Structure and Rheological Properties of Soy Protein Gels. , Wageningen: Ponsen & Looyen BV Publishing, 2001.

ภาคผนวก

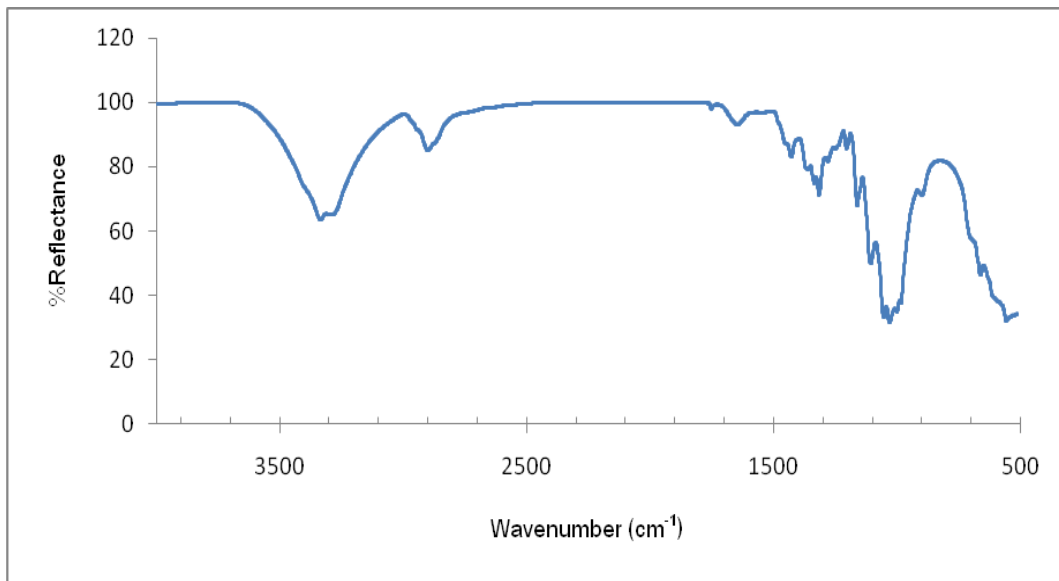
ภาคผนวก



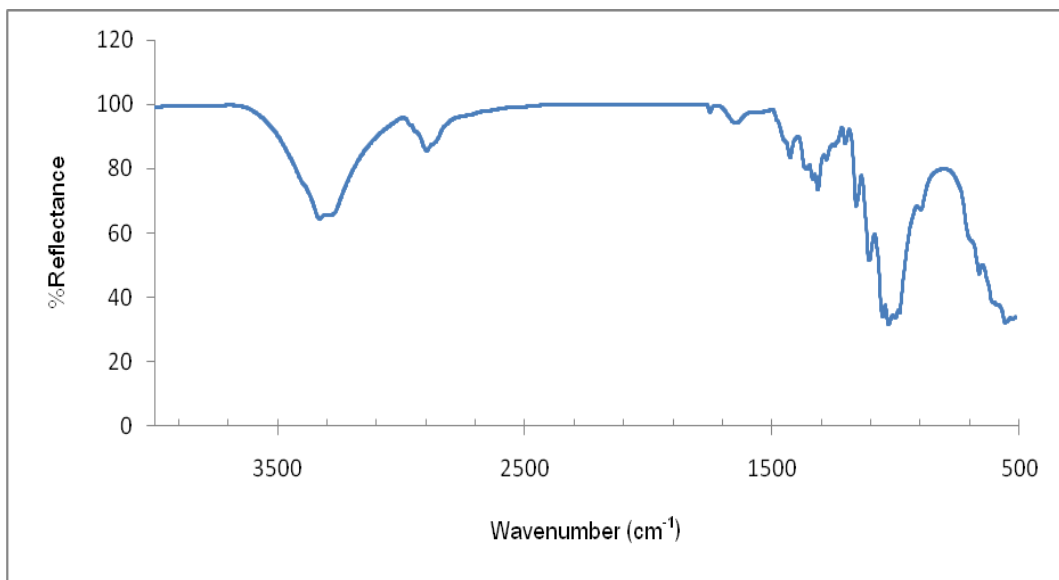
รูปที่ 1 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร



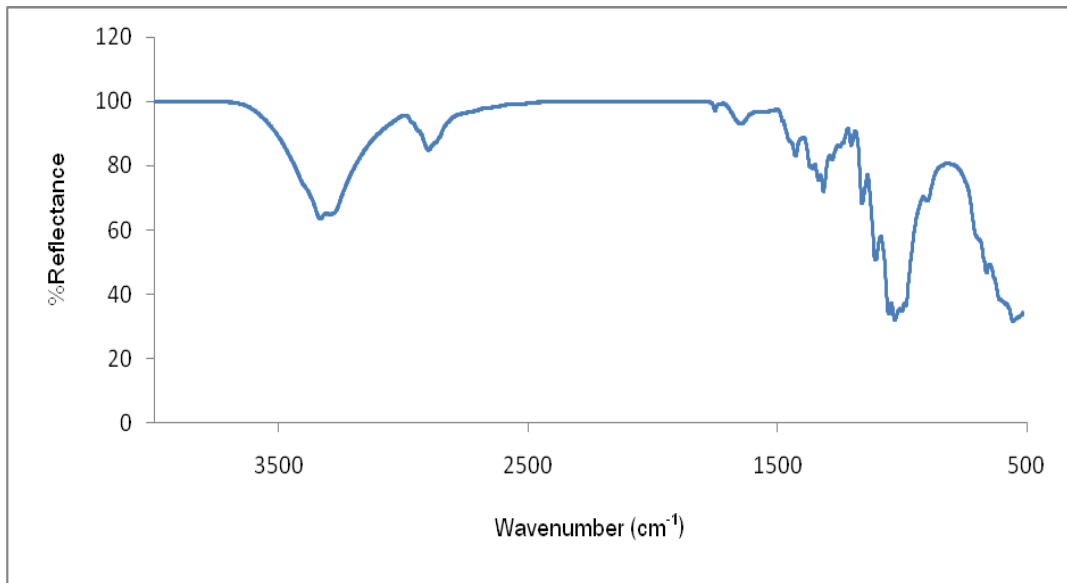
รูปที่ 2 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร



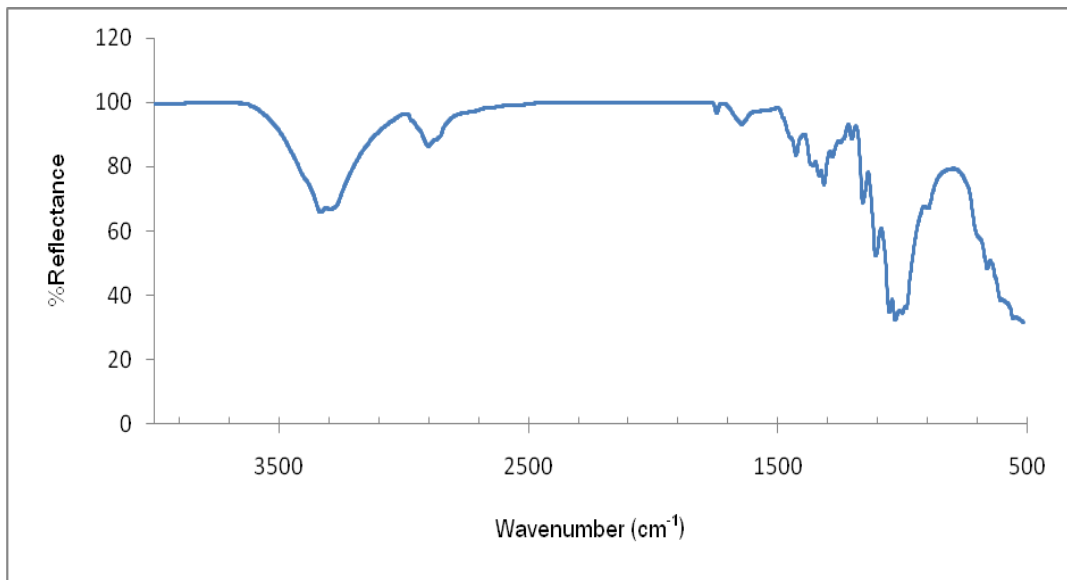
รูปที่ 3 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยไอโอดีนด้วยความเข้มข้น 15 กรัมต่อ
ลิตร



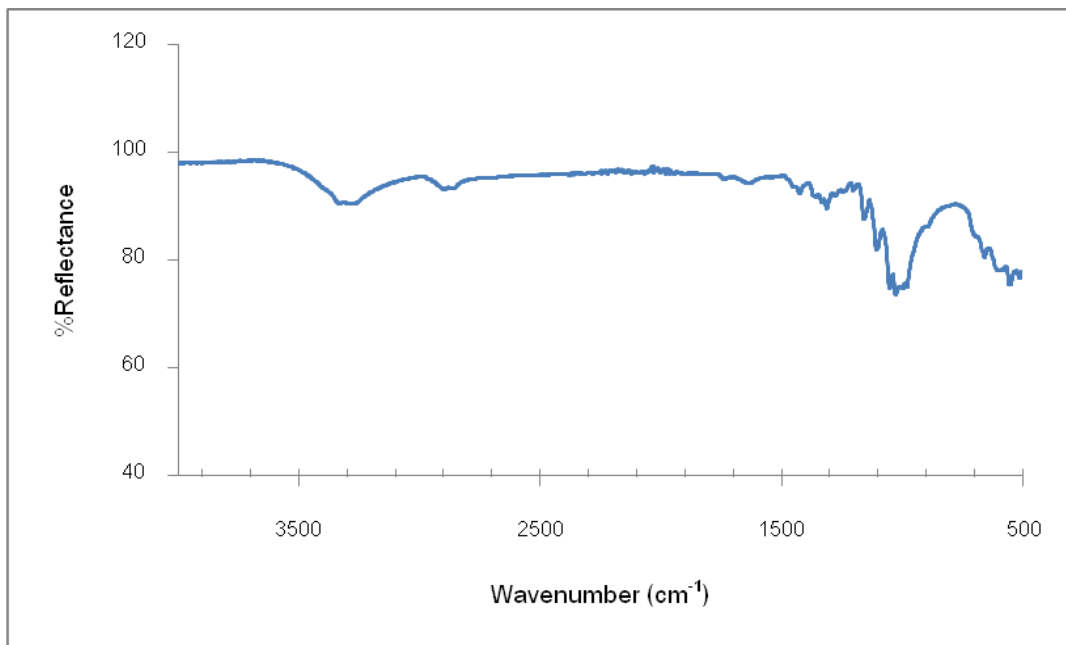
รูปที่ 4 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยไอโอดีนด้วยความเข้มข้น 20 กรัมต่อ
ลิตร



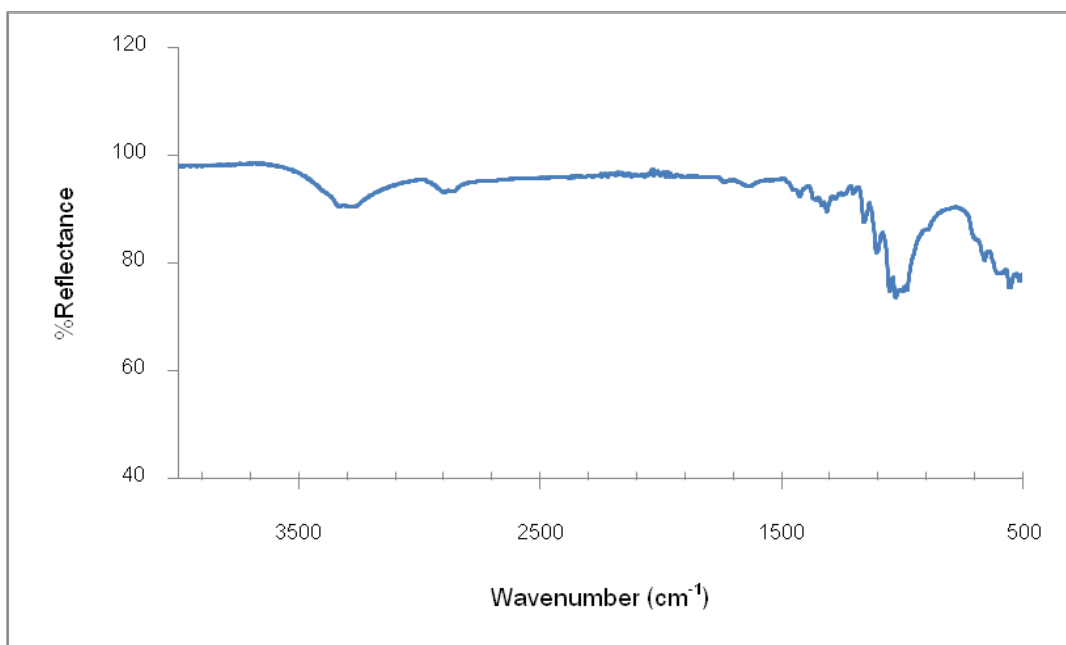
รูปที่ 5 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้น 25 กรัมต่อ
ลิตร



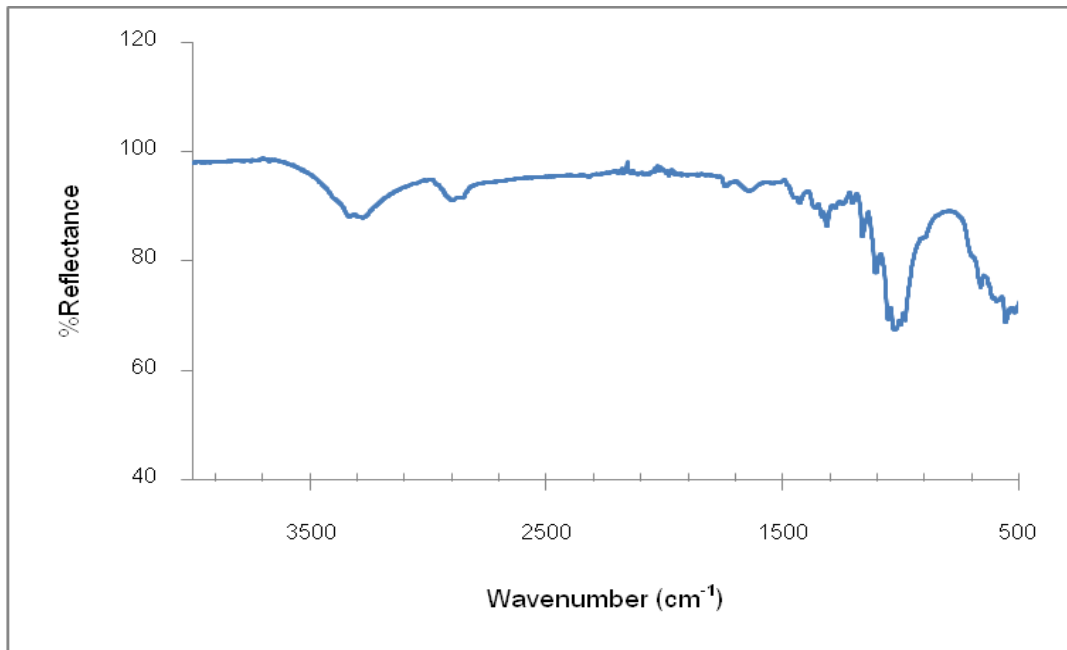
รูปที่ 6 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ปรับสภาพด้วยโปรตีนถั่วเหลืองความเข้มข้น 30 กรัมต่อ
ลิตร



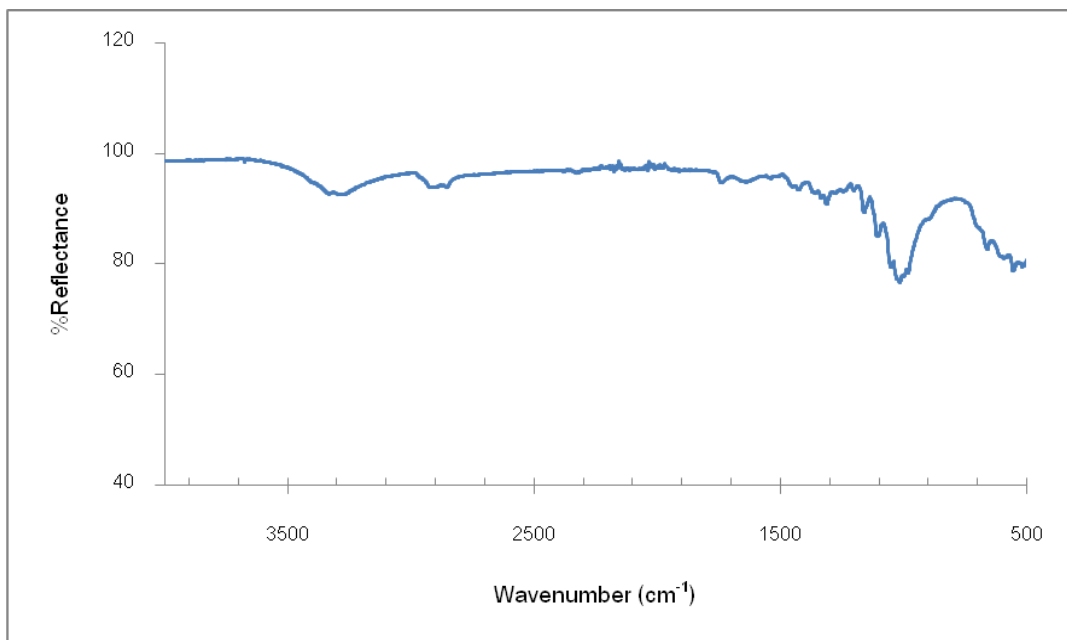
รูปที่ 7 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร



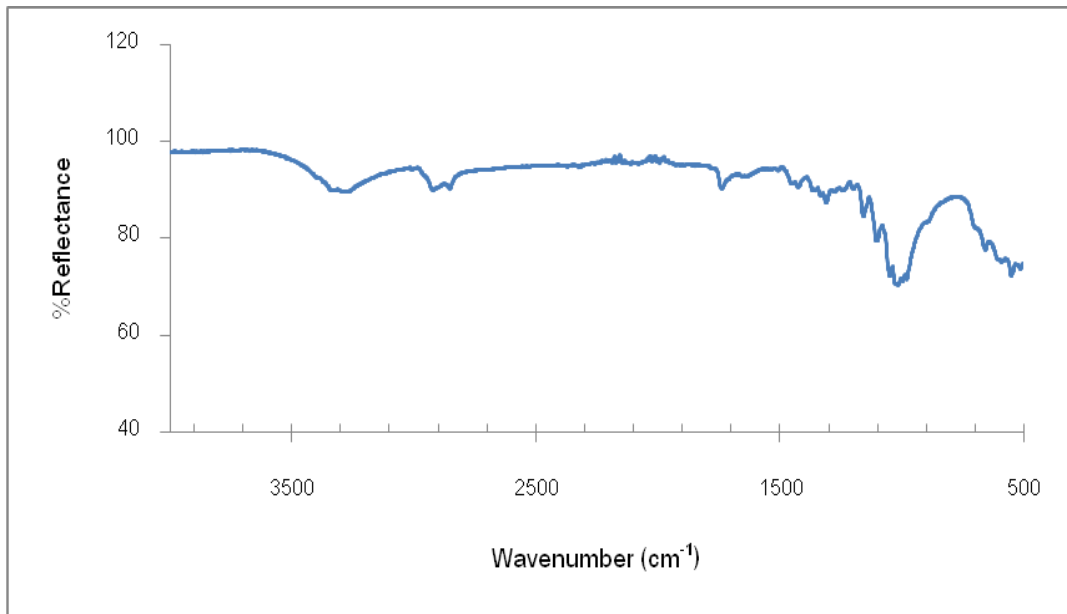
รูปที่ 8 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร



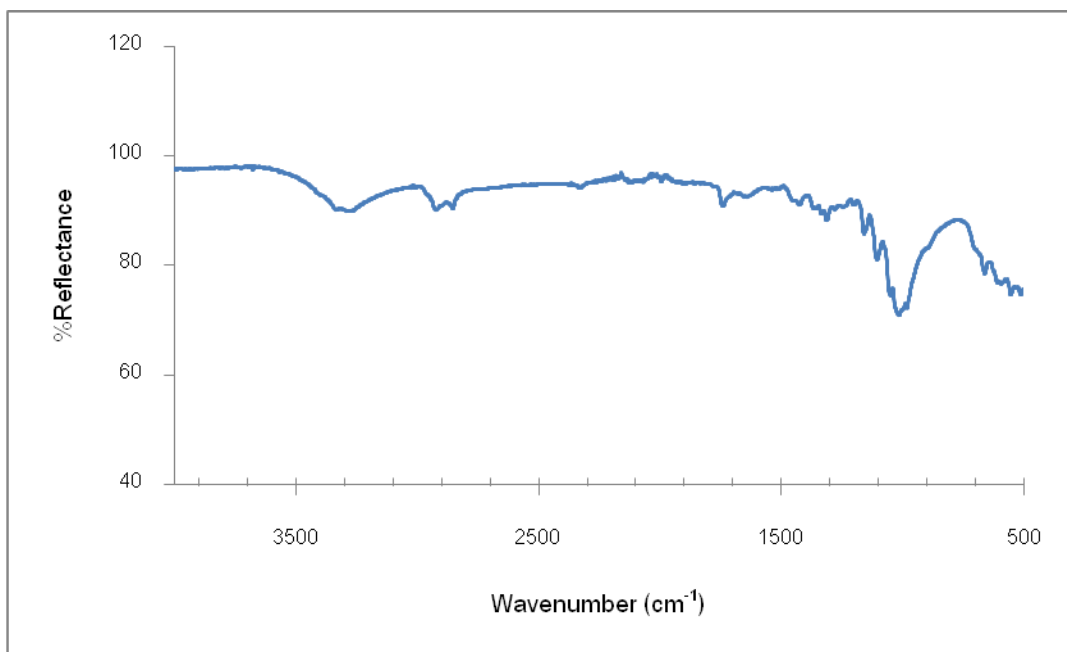
รูปที่ 9 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 15 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 10 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 11 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 12 ATR-FTIR สเปกตรัมของผ้าฝ้ายที่ตกแต่งสำเร็จด้วยน้ำมันลินสีดมาเลเขตความเข้มข้น 30 กรัมต่อลิตร

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอาณัติ ชีวอาณัติ เกิดวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2530 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวิทยาการสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 จากนั้นเข้าศึกษาต่อใน หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นปีการศึกษา 2554 และสำเร็จการศึกษาในภาคปลายปีการศึกษา 2555 รวมระยะเวลา 2 ปี

การเสนอผลงานวิจัย ดังนี้

- A. CHEEWAANUT and K. SRIKULKIT. Pretreatment of Cotton Fabrics With Soy Protein To Improve Dyeability of Jackfruit Wood Extract (Morin Dye). PACCON 2013 (Pure and Applied Chemistry International Conference 2013), Bangsan, Chonburi, Thailand, 2013.